

УДК 577.475:582.26 (262.5)

На правах рукописи

СЕЛИФОНОВА Жанна Павловна

**Структурно-функциональная организация экосистем
заливов и бухт Черного и Азовского морей
(Российский сектор)**

Специальность 25.00.28 – Океанология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Мурманск – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук и ФГБОУ ВПО «Государственном морском университете имени адмирала Ф.Ф.Ушакова»

Научный консультант: д.б.н., профессор **Сорокин Юрий Иванович**,
главный научный сотрудник лаборатории
экологии береговой зоны моря Южного
отделения Института океанологии РАН им.
П.П.Ширшова (г. Геленджик)

Официальные оппоненты: д.б.н., профессор **Самышев Эрнест
Зайнуллинович**, заведующий отделом
функционирования морских экосистем
Института морских биологических исследований
им. А.О.Ковалевского РАН (г. Севастополь)

д.б.н., **Шиганова Тамара Александровна**,
ведущий научный сотрудник лаборатории
структуры и динамики планктонных сообществ,
Института океанологии РАН им. П.П.Ширшова
(г. Москва)

д.б.н., **Карпинский Михаил Георгиевич**,
главный научный сотрудник лаборатории
промысловых беспозвоночных и водорослей
Всероссийского научно-исследовательского
института рыбного хозяйства и океанографии
(г. Москва)

Ведущая организация: Институт биологии внутренних вод имени
И.Д.Папанина РАН (п. Борок)

Защита состоится 18 мая 2016 г. в ____ часов на заседании диссертационного
совета Д 002.140.01, созданного на базе ФГБУН ММБИ КНЦ РАН, 183010,
Россия, Мурманск, Владимирская 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН ММБИ
КНЦ РАН <http://www.mmbi.info/disser-sovet/>

Автореферат разослан «__» _____ 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
к. г. н.

И.С. Усягина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Южные моря России – Азовское и Черное испытывают все возрастающую антропогенную нагрузку, а их экосистемы значительно трансформируются. В современных условиях постепенного ослабления эвтрофикации и химического загрязнения вод (Матишов, Матишов, 2003; Юнев и др., 2009; Заика, 2011) наблюдаются процессы ускоренной эксплуатации биоресурсов этих морей. В их числе судоходство, танкерные перевозки нефти, нефтегазодобыча, разведочное бурение, перелов ценных пород рыб, рекреация и другие. В прошлом Азовское море характеризовалось как водоем с высокой биологической продуктивностью, имеющий важное рыбопромысловое значение. Зарегулирование стока рек Дона и Кубани, изменение гидрологического режима, бесконтрольная эксплуатация природных ресурсов и массовое развитие хищного гребневика *Mnemiopsis leidyi* привело к тому, что один из самых продуктивных водоемов мира утратил былое промысловое значение, а его экосистема стала претерпевать глубокие изменения. Следствием является развитие необычайно плотных цветений токсичных форм фитопланктона, сероводородное заражение донных осадков, придонная аноксия, которые имеют катастрофические последствия для планктонной и донной фауны и приводят к их деградации. Такое развитие стало типичным и для экосистем портов и бухт северо-восточного шельфа Черного моря, где расположены известные климатические и бальнеологические здравницы России, мощные перевалочные центры сухопутно-морских перевозок и базируется черноморский флот. Изменение среды обитания гидробионтов, климата, интенсификация судоходства способствуют вселению и распространению в южных внутренних морях Евразии агрессивных чужеродных видов флоры и фауны, в том числе и токсичных видов фитопланктона (Александров, 2004; Звягинцев и др., 2009; Шиганова, 2009; Шиганова и др., 2012 и др.).

Вместе с тем, несмотря на значительное внимание к проблеме антропогенной трансформации прибрежных экосистем северо-восточного шельфа Черного и Азовского морей, четких представлений об их реакции на антропогенное воздействие, в отношении изменения их структуры и функционирования и, особенно роли зоопланктона в таких деградированных экосистемах пока не сложилось. Функциональная дестабилизация экосистемы обычно предшествует изменениям ее структурной организации, поэтому считается, что с помощью мониторинга потока вещества и энергии возможно прогнозирование в биологических сообществах потенциальных и отслеживание уже возникших кризисных процессов. Однако большинство исследователей рассматривают последствия антропогенного воздействия не на всю экосистему в целом, а на отдельные ее компоненты или показатели качества среды. В связи с этим, исследование структурно-функциональной организации экосистем различного уровня кризисного процесса, включающих заливы и бухты северо-

восточного шельфа Черного моря и Азовского моря, представляется исключительно актуальным и требующим глубокого изучения. Выявленные особенности функционирования зоопланктона в таких экосистемах, могут быть использованы в системе экологического контроля и ранней диагностики санитарного состояния водоема (Кренева, 2002).

Степень разработанности темы исследования. Анализ литературы показал, что до начала наших исследований не было полных данных характеризующих системную «организованность» прибрежных биологических сообществ северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря. Таксономический состав и структуру сетного зоопланктона учитывали во многих работах, но из-за различия в методах и сроках сбора эти результаты зачастую были несопоставимы между собой. Сведения о ключевых компонентах сообществ наиболее уязвимых районов северо-восточного шельфа (зоны рекреации и судоходства) оставались весьма скудными, разрозненными или совсем отсутствовали. Оценку риска биоинвазий с балластными водами коммерческих судов в российских портах не проводили. Полностью отсутствовали материалы, охватывающие весь таксономический комплекс меропланктона северо-восточного шельфа. Ранние работы (1980–1990 гг.) о гетеротрофных бактериях, инфузориях, зоофлагеллятах и других группах зоопланктона касались лишь прибрежной зоны Геленджика и Новороссийской бухты (Мамаева и др., 1983; Моисеев, 1983; Болгова, 1994; Селифонова, 2001 и др.). В литературе известны описания энергетики и структурно-функциональной организации пелагической экосистемы Черного моря, Геленджикской, Новороссийской бухты, биотического баланса прибрежных вод северо-западной части Черного моря (Сорокин, 1982; 1996; Шушкина и др., 1980; 1987; Виноградов и др., 1992; Александров, 2002; Селифонова, 2002). В наименее изученном в фаунистическом отношении Азовском море такие исследования не выполняли, за исключением разработки математической трофодинамической модели инвазий чужеродных видов (Бердников, 2004; Berdnikov et al., 1999) и упрощенной модели нижних трофических уровней экосистемы (Ильичев, 2008). Детальное изучение экологии азовоморских инфузорий выполнено К.В.Креновой (2006), функционирования зоопланктона Таганрогского залива – В.В.Поважным (2009). Однако специально не рассматривали вопрос о взаимоотношениях между инфузориями, голо-, меропланктоном в ходе сукцессионных изменений их структуры в пелагических эстуарных сообществах, не проводили инвентаризацию таксономического состава голо-, меропланктона. В связи с этим, наша задача состояла в получении массива данных, позволяющих дать оценку состояния и тенденций изменения прибрежных экосистем северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря, подверженных значительному антропогенному воздействию.

Выбор объекта и предмета исследования. В работе рассматривали экосистемы разного трофического типа, испытывающих различный антропогенный стресс. В их числе Азовское море, Керченский пролив, заливы и бухты северо-восточного шельфа Черного моря – Новороссийска, Туапсе, Тамани, Анапы, Геленджика, Сочи, лимана «Змеиное озеро» (Большой Утриш).

Объектом исследования являлся зоопланктон (зоофлагелляты, инфузории, голопланктон, меропланктон, ихтиопланктон), как один из ключевых компонентов экосистем, а также гетеротрофный бактериопланктон и зообентос рыхлых грунтов. На нефтяных терминалах Новороссийского порта выполняли исследования среды и населения балластных вод коммерческих судов (гетеротрофный бактериопланктон, инфузории, голопланктон, меропланктон).

Предметом изучения являлся таксономический состав, закономерности количественного распределения, соотношение таксономических групп в сообществах и роль указанных элементов в структурно-функциональной организации экосистем.

Цель исследования – выявление особенностей структурно-функциональной организации экосистем заливов и бухт северо-восточного шельфа Черного моря, Керченского пролива и Азовского моря, подверженных различному антропогенному воздействию. Выявление общих и специфических характеристик их трансформаций, а также роли зоопланктона в этом процессе.

Постановка конкретных задач

– исследование таксономического состава и обилия сообществ зоопланктона (зоофлагеллят, инфузорий, голопланктона, меропланктона, ихтиопланктона), гетеротрофного бактериопланктона в экосистемах разного трофического типа от прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря до Азовского моря;

– изучение пространственных и временных изменений структурных характеристик сообществ в каждой экосистеме и выяснение факторов, определяющих эти изменения; оценка роли отдельных видов и таксономических групп зоопланктона в структуре сообществ;

– выявление закономерностей, определяющих структурную организацию зоопланктона в зависимости от абиотических факторов среды (температуры воды, солености, течений), зообентоса рыхлых грунтов – нефтепродуктов и лабильных (кислотно-растворимых) сульфидов в донных осадках;

– расчет баланса энергии и построение модельных схем потоков энергии в экосистемах разного трофического типа; выявление их специфических черт, характера антропогенной трансформации; оценка роли зоопланктона в организации экосистем; определение тенденций изменчивости водных экосистем и их потенциальных способностей к естественному самоочищению;

– оценка роли инвазий чужеродных видов зоопланктона в биоразнообразии и продуктивности изучаемых экосистем; выявление основных источников и путей проникновения чужеродных видов фауны в прибрежные воды северо-восточного шельфа Черного моря и Азовское море; оценка экологических рисков морских биоинвазий зоопланктона с водным транспортом в Черное и Азовское моря; составление списка чужеродных видов.

Методологические основы исследования. При изучении наиболее уязвимых экосистем северо-восточного шельфа Черного и Азовского морей был использован экосистемный подход. Таксономическая и количественная обработка зоопланктона полностью осуществлена автором по единым методикам с одинаковой количественной точностью учета (однотипными орудиями лова). Для характеристики фауны детальной таксономической

обработке подвергнуты хорошо изученные и чужеродные виды планктонных и бентосных животных. Расчеты биомассы проведены с использованием единых стандартизированных весов планктонных животных, что позволило провести надежные межрегиональные сравнения. Расчеты ориентировочного биотического баланса, функциональных параметров и построение энергетических трофодинамических моделей экосистем произведены по стандартной схеме с привлечением необходимого литературного материала. Исследование населения балластных вод коммерческих судов выполнены с использованием оригинальных методик автора.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. На основании оригинальных материалов созданы первые в истории изучения прибрежных вод Черного и Азовского морей модельные схемы потоков энергии в экосистемах разного трофического типа, которые дают основу для оценки возможных изменений продуктивности вод, связанных с изменениями уровня антропогенной нагрузки.

2. В основе антропогенной трансформации изученных экосистем лежала деградация высших звеньев трофической цепи в пелагиали и бентали. Продукционно-деструкционные функции донных сообществ перераспределялись к планктонным, и экосистемы функционировали на уровне микрогетеротрофов (бактерии, простейшие). Кризисные процессы в экосистемах разрастались под воздействием лабильных (кислотно-растворимых) сульфидов в донных осадках и гребневика *Mnemiopsis leidyi*.

3. Специфика таксономической структуры зоопланктона, его пространственно-временные характеристики в экосистемах разного трофического типа обусловлены влиянием экологических и океанографических факторов. Отмечены деградирующие изменения в сообществах зоопланктона Азовского моря и конструктивные – в неритических сообществах Черного моря.

4. На фоне изменения среды обитания в трансформированных экосистемах создавались чрезвычайно благоприятные условия (экологические ниши) для вселения и распространения чужеродных видов зоопланктона. Балластные воды коммерческих судов – один из наиболее опасных способов переноса чужеродных видов в прибрежные экосистемы северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря.

Научная новизна. Для каждого изученного участка получена достаточно полная характеристика экосистемы в целом, выявлены ключевые компоненты, важнейшие факторы среды, определяющие их структуру и функционирование, построены модельные схемы потоков энергии.

Показано, что характер трансформации экосистемы имеет свои специфические особенности для каждого изученного залива, бухты, водоема. Разрастание кризисных процессов в экосистеме происходит под воздействием лабильных сульфидов в донных осадках и гребневика *M. leidyi*, который является эдификатором экосистемы Азовского моря. Доказано, что в основе трансформации экосистемы лежит деградация высших звеньев трофической цепи в пелагиали и бентали, которая происходит на фоне резкого возрастания численности инфузорий и их роли в суммарном метаболизме экосистемы.

Показана роль зоопланктона в структурно-функциональной организации исследуемых экосистем. Впервые проведен анализ всех таксономических групп зоопланктона (зоофлагеллят, инфузорий, голопланктона, меропланктона, ихтиопланктона) и гетеротрофного бактериопланктона. Впервые проведено исследование меропланктона, охватывающее весь таксономический комплекс. Выявлены пространственно-временные изменения в составе доминантных видов зоопланктона и их обилии в связи с экологическими и океанографическими факторами (температура воды, соленость, течения). Уточнены представления о взаимоотношениях между инфузориями, голо-, меропланктоном в ходе сукцессионных изменений их структуры в эстуарной экосистеме Азовского моря.

Выполнен анализ зообентоса рыхлых грунтов как индикатора органического обогащения донных отложений. Проанализирован характер изменения биомассы зообентоса по градиентам накопления нефтяных углеводородов и лабильных сульфидов в верхнем слое донных осадков.

Получены новые сведения о составе, количественных показателях, способах переноса и закономерностях распространения чужеродных видов в Черное и Азовское моря. Установлен таксономический состав населения судовых балластных вод, составлен список видов-интродуцентов. Выявлены группы риска среди зоопланктона и зообентоса. Отмечена роль Средиземного моря как водоема-донора чужеродных видов в Черное и Азовское моря. Впервые адаптирована для местных условий и использована на практике международная методика исследования судовых балластных вод.

Практическая ценность и теоретическое значение. Результаты исследования способствуют развитию представлений об изменениях в наиболее уязвимых морских экосистемах Черного и Азовского морей под влиянием интенсивного антропогенного воздействия, связанного с их экономической эксплуатацией (судоходство, рекреация, перелов и прочие факторы). Поэтому могут быть использованы в качестве научной основы для диагностического мониторинга и экологического прогнозирования, при разработке мероприятий по реабилитации водных ресурсов и их охране.

Содержащиеся в работе сведения о биологических инвазиях могут быть применены для рациональной обработки судовых балластных вод и предупреждения заноса чужеродных видов. Последнее реализовано на практике отделом экологического контроля ФГБУ «Администрация морских портов Черного моря». Исследования послужили научно-практической основой для законопроектной деятельности в сфере морского и речного транспорта РФ.

Основные положения диссертации включены в учебный материал по переподготовке, повышению квалификации персонала судов, портов, судоходных компаний и обучению студентов Государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф.Ушакова. В частности, полученные результаты использованы на кафедре «Техносферной безопасности на транспорте» в лекционных курсах дисциплин «Экологическая безопасность транспортных систем», «Управление техносферной безопасностью»; Институте повышения квалификации ГМУ им. адм. Ф.Ф.Ушакова; научно-исследовательских работах

университета по приоритетному направлению отрасли биологических наук «Экологические проблемы морского транспорта на Юге России».

Личный вклад соискателя. Автор принимал непосредственное участие в экспедиционном сборе, обработке и анализе материалов гетеротрофного бактериопланктона, зоофлагеллят, инфузорий, голопланктона, меропланктона, ихтиопланктона и зообентоса рыхлых грунтов. В 2004 г. при ФГБУ «АМП Черного моря» автор организовал и возглавил первую среди российских портов лабораторию по контролю балластных вод коммерческих судов, на базе которой провел пионерные гидробиологические исследования населения балластных вод (голо-, меропланктон, инфузории, гетеротрофный бактериопланктон). Автор активно способствовал развитию инвазионного направления исследований в ММБИ КНЦ РАН. Научные идеи, обоснования, постановка научных задач, методические разработки принадлежат автору, что подтверждается самостоятельностью публикаций основных материалов работы.

Степень достоверности и апробация результатов. Фактическим материалом диссертации являются данные, полученные автором по единым методикам. Зоопланктон исследован с помощью современных, количественно адекватных методов. Используемый материал репрезентативен и согласуется с литературными данными. При анализе материала использованы литературные данные по фитопланктону, зообентосу и др. компонентам со ссылками на авторов. Выводы диссертации отвечают поставленным целям и задачам. Результаты исследований представлены на научно-практических семинарах и рабочих совещаниях по проблеме управления судовыми балластными водами, проводимым Одесским демонстрационным центром программы ГлоБалласт (Новороссийск, 2004); «Enlargement and integration workshop: scientific and technical challenges in applying common fisheries policy to the Black Sea» (Trabzon, Turkey, 2006); научно-практическом семинаре «Экосистемный контроль и управление судовыми балластными водами и осадками в морских портах» (ГМУ им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2009); IMO-GloBallast-UNEP Inter-Regional Meeting on the harmonization of the implementation of the Ballast Water Management (BWM) Convention between the Black Sea and the Caspian Sea regions (Novorossiysk, 2013), а также международных, всесоюзных и российских научных конференциях, в том числе 8th Larval Biology Symposium (Lisbon, Portugal, 2008); III, IV International symposium «Invasion of alien species in Holartic» (Borok, 2010; 2013), 3rd Bi-annual BS Scientific and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference «Black Sea Outlook-2011» (Odessa, Ukraine), 4th BS Scientific Conference: Black Sea – Challenges Towards Good Environmental Status (BS-GES). (Constanta, Romania 2013), межд. научн. конф., посвящ. 135-летию ИнБЮМ «Проблемы биологической океанографии 21 века» (Севастополь, 2006), межд. научно-технич. конф. «Современные методы и средства океанологических исследований» (Москва, 2009; 2011; 2013), XI конф. ББС МГУ, посвящ. 70-летию биостанции им. Н.А. Перцова (2008); IV межд. научн. конф., посвящ. памяти проф. Г.Г. Винберга «Современные проблемы гидроэкологии» (Санкт-Петербург, 2010); межд. конф. «Современные технологии мониторинга и освоения природных ресурсов южных морей», «Эволюция морских экосистем под влиянием вселенцев и искусственной

смертности фауны» и др. (Ростов-на-Дону, 2003–2008; 2012); межд. научн. конф. «Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений – 2» (Херсон, Украина, 2008); межд. научн. конф., посвящ. 75-летию ММБИ КНЦ РАН «Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки», «Проблемы морской палеоэкологии и биогеографии в эпоху глобальных изменений» (Мурманск, 2009; 2010); X съезде ГБО при РАН (Владивосток, 2009), V–VIII, XI научно-технич. конф. «Проблемы эксплуатации водного транспорта и подготовки кадров на Юге России» (Новороссийск 2007–2010; 2013), межд. симп. «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» (Астрахань, 2007).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 90 работ, включая 36 статей в рецензируемых российских и международных изданиях списка ВАК, 2 учебно-методических пособия, 2 монографии, 12 статей в изданиях, не упомянутых в списке ВАК, 38 тезисов докладов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, восьми глав, выводов, библиографического списка и приложения. Текст изложен на 270 стр., рисунков – 83, таблиц – 38. Список литературы содержит 436 наименований, в том числе 94 на иностранных языках.

Благодарность. Автор выражает благодарность и признательность своим учителям проф. Ю.И.Сорокину и П.Ю.Сорокину за методическую помощь, доброжелательный интерес и внимание к работе. Автор искренне благодарит коллег, принимавших непосредственное участие в проведенных исследованиях и экспедициях – акад. Г.Г. Матишова (ММБИ КНЦ РАН), В.К.Часовникова, (ЮО ИО РАН), В.И.Радашевского (ИБМ ДВО РАН), В.В.Мурину, А.А.Шмелеву, Е.В.Лисицкую, Н.Г.Сергееву (ИМБИ им. А.О. Ковалевского РАН), О.Н.Ясакову (ИАЗ РАН), А.В. Курилова (ИнБЮМ НАН Украины), В.В.Ерыгина (АМП Черного моря).

ВВЕДЕНИЕ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и основные задачи исследования, указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Глава 1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили сборы зоопланктона и зообентоса в 2003–2014 гг. в прибрежных водах северо-восточной части Черного моря, Керченском проливе, Азовском море. Сбор материала в портах и бухтах Таманского полуострова и северо-восточного шельфа Черного моря выполнен при непосредственном участии автора. Материал включал 3061 пробу, полностью обработанную автором. Сроки проведения работ, районы сборов, компоненты и количество проб приведены в таблице 1, схема станций отбора проб – на рисунке 1.

Таблица 1 – Объем материала, собранного в прибрежных водах северо-восточной части Черного моря и Азовском море

Район исследования, порт	Кол-во рейсов	Гетеротрофные бактерии	Зоофлагелляты	Инфузоии	Голопланктон	Меропланктон	Ихтиопланктон	Зообентос
Керченский пролив, Таманское причерноморье								
Таманское причерноморье (2010), Керченский пролив (2004, 2010)	1	4	–	5	35	35	39	–
Таманский порт (2013–2014)	4	12	–	48	24	24	7	15
Бухты и порты северо-восточного шельфа Черного моря								
Новороссийская бухта (2004–2011)	51	88	79	132	182	182	124	157
Туапсинский порт (2004–2006; 2009–2011)	17	80	–	80	125	125	104	176
Анапская бухта (2006–2007; 2009–2011)	11	44	44	48	56	56	24	14
Геленджикская бухта (2005–2007; 2009–2011)	14	64	56	44	90	90	28	–
Лиман «Змеиное озеро» (2010–2011)	5	15	–	15	15	15	2	36
Сочинский порт (2012–2013)	5	30	–	30	30	30	28	15
Новороссийский порт, балластные цистерны танкеров								
5-я пристань, нефтегавань «Шесхарис» (2004–2006, 2009–2010)	16	9	–	22	167	167	–	–
Азовское море								
Азовское море, Таганрогский залив (2003–2005)	3	10	–	–	68	68	–	–
Темрюкский залив (2005–2006, 2009–2010)	6	12	–	34	34	34	–	–

В портах и бухтах отбор проб производили по сетке станций, выбранных с учетом их морфометрии, гидрологической и гидрофизической структуры вод, источников антропогенного загрязнения, характера донных биотопов. Исследования среды и населения балластных вод коммерческих судов выполнены на нефтяных терминалах Новороссийского порта. Проанализирована 381 проба планктона.

В поверхностных пробах воды анализировали состав и численность гетеротрофного бактериопланктона, зоофлагеллят, инфузорий. Гетеротрофный бактериопланктон и зоофлагелляты учитывали методом эпифлюоресцентной микроскопии с применением флюорохрома акридинового оранжевого и примулина (Hobbie et al., 1977). Инфузорий подсчитывали в свежих пробах воды в камере типа пенал под бинокулярным микроскопом (без предварительной концентрации и фиксации) по методике (Sorokin, 1999). Идентификацию производили *in vivo*, во временных препаратах и препаратах, импрегнированных протарголом и карбонатом серебра согласно (Kurilov, 2010). Сырую биомассу определяли по среднему объему и численности в каждой размерной группе и стандартным методом (Мамаева, 1979, 1980; Курилов, 2004).

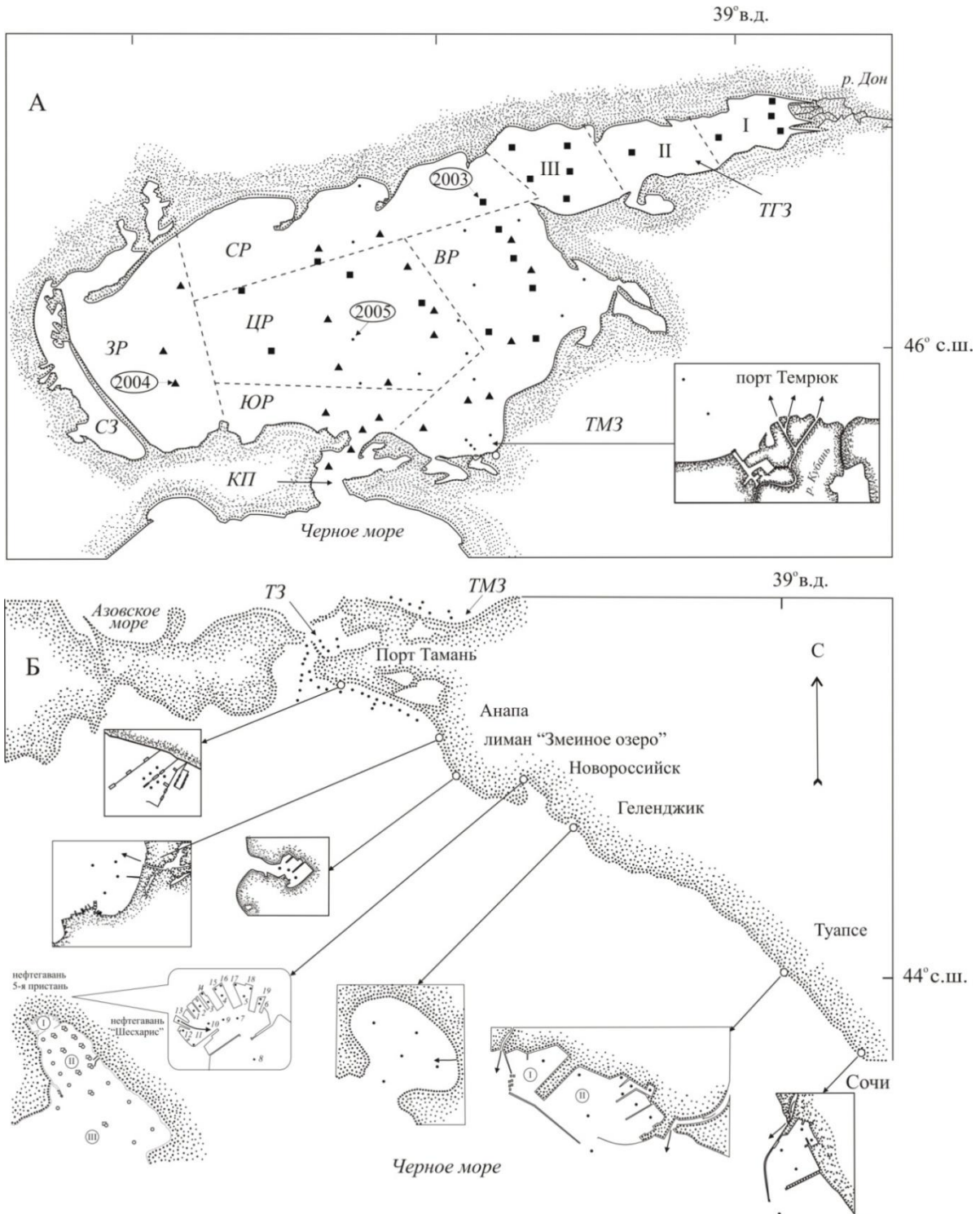


Рисунок 1 – А – Карта-схема отбора проб зоопланктона в Азовском море.

Районы исследования: *CP* – северный, *BP* – восточный, *CP* – центральный, *YOP* – южный, *ZP* – западный, *TGZ* – Таганрогский залив, *TMZ* – Темрюкский залив, *TZ* – Таманский залив, *KP* – Керченский пролив, *CZ* – Сивашский залив.

Б – Карта-схема отбора проб зоопланктона в прибрежных водах Таманского полуострова и северо-восточного шельфа Черного моря.

Новороссийская бухта: I – порт (на врезке). Кружками (2005 г.) и квадратами (2004–2011 гг.) обозначены станции отбора проб голопланктона и меропланктона. 1–8 – планктонные станции, 1–19 – бентосные, 11–19 – станции вблизи канализационных выпусков. Туапсинский порт: I – старый порт, II – новый порт

Голопланктон и меропланктон – ракообразные, личинки донных животных, крупные коловратки и прочие организмы размером $> 200\text{--}500$ мкм собирали средней сетью Джели (диаметр входного отверстия 25 см, размер ячеей 120 мкм) методом тотальных ловов. Пробы фиксировали 2–4%- ным раствором нейтрального формальдегида и обрабатывали в лабораторных условиях по стандартной методике. Количественную оценку производили с учетом коэффициента уловистости сети – Б/С (Павельева, Сорокин, 1972; Шушкина, Виноградов, 2002). Калибровку сетей выполняли с помощью двенадцати пластиковых 5-литровых батометров Нискина (гидрофизический комплекс «Розетта» с зондом «Sea Bird-19» фирмы Sea-Bird Electronics, Inc., США) в 82/83 и 120-м рейсах НИС «Акванавт» (Селифонова, Ясакова, 2012). Батометры замыкали через каждые 3–5 м. Собранные пробы фильтровали через сито 40 мкм. Одновременно на тех же горизонтах собирали послойно зоопланктон большой и малой сетями Джели (размер ячеей сита 100, 120 и 150 мкм) с помощью замыкателей конструкции Н.В. Ясакова (Ясакова, Селифонова, 2007) и Нансена. В частности для сети с размером ячеей 120 мкм был принят коэффициент, равный 1.5–2, для организмов < 200 мкм – десяти. Вычисление биомассы производили по стандартным методикам (Мордухай-Болтовской, 1954; Петипа, 1957; Численко, 1968). Сбор икринок и личинок рыб (ихтиопланктон) осуществляли сетью Богорова-Расса (Б–Р 80/114 см, ячеей 500 мкм, площадь входного отверстия 0.5 м^2) и мальково-нейстонным тралом (МНТ).

Пробы зообентоса рыхлых грунтов отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.04 м^2 и процеживали через сито (ячеей 500 мкм). Индекс плотности зообентоса вычисляли по формуле $\sqrt{R \times B}$, где R – частота встречаемости, B – биомасса. Камеральную обработку производили по работе (Руководство..., 1983).

Исследование населения балластных вод коммерческих судов производили с использованием оригинальных методик автора (Селифонова, 2010). Определение величины первичной продукции макрофитов производили кислородным скляночным методом (Винберг, 1969). Пробы воды с водорослью отбирали в светлые калиброванные емкости объемом 1.5 л и экспонировали в экспериментальном бассейне в условиях, близких к *in situ* по освещенности и температуре. Кислород измеряли методом Винклера.

Расчет ориентировочного биотического баланса и функциональных параметров экосистем производили согласно схеме, разработанной Ю.И.Сорокиным (Sorokin, 1999) с привлечением необходимого литературного материала по фитопланктону, гребневику, зообентосу. Биомассу рыб рассчитывали, исходя из соотношения между продукцией и выловом рыб (Сорокин, 1982). Для расчета продукции ключевых компонентов экосистем, величин их рационов, трат на обмен и дыхание использовали коэффициенты удельной продукции (P/B), эффективности использования усвоенной пищи на рост (K_2), усвояемости пищи (U). На основе балансовых расчетов суточных потоков энергии между ключевыми параметрами (фитопланктон, бактерии, зоофлагелляты, инфузории, голопланктон, меропланктон, гребневики,

зообентос, рыбы, аллохтонное ОВ (органическое вещество) и детрит) были разработаны энергетические трофодинамические модели экосистем.

Для выявления особенностей видовой структуры голопланктона в районах исследования использовали метод многомерного шкалирования (MDS-анализ) (Clarke, Warwick, 1994). Оценку видового разнообразия производили по индексу Шеннона. Выделение фаунистических группировок с учетом количественного развития особей выполняли при помощи кластерного анализа. Материал обрабатывали при помощи пакета прикладных программ для анализа биологических данных PAST.

Глава 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ

В главе описана физико-географическая и экологическая характеристика заливов и бухт северо-восточной части Черного моря, Керченского пролива и Азовского моря.

Глава 3. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБРЕЖНЫХ БИОЦЕНОЗОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

3.1. Гетеротрофный бактериопланктон, зоофлагелляты, инфузории

Гетеротрофный бактериопланктон. В исследуемых бухтах и портах обнаружены высокая численность и биомасса бактерий. В водах Новороссийского порта средняя за период исследования численность колебалась от 3.5 до 4.7 млн кл./мл, биомасса – 0.63–0.94 г/м³. За пределами порта эти показатели были в два раза ниже. Максимальные значения численности и биомассы приходились на лето и начало осени. При повышении температуры воды отмечено возрастание численности бактерий до нижнего уровня гиперэвтрофных вод – 7.5–8.6 млн кл./мл (биомасса – 1.5–2.0 г/м³). В карманах порта, испытывающих сильное загрязнение береговыми стоками, максимальное обилие бактериопланктона достигало 12 млн кл./мл. Существенный вклад в биомассу вносили цепочковидные и нитевидные формы бактерий, а также бактерии в составе детритных частиц и агрегатов. Отмечены резкие колебания биомассы бактерий ($B_{\max}/B_{\min} = 4.5$).

В Туапсинском порту средняя за период исследования численность гетеротрофного бактериопланктона составляла 2.0–2.7 млн кл./мл в 2009–2010 гг. и 3.2 млн кл./мл в 2011 г., биомасса – 0.42–0.47 г/м³ и 0.54 г/м³ соответственно. Численность и биомасса бактерий в порту были в 1.4 раза выше, чем в открытой части. В развитии бактерий отмечен летний пик численности – в среднем 4.8–7.0 млн кл./мл и максимум вблизи береговых выпусков – 8.2–14.5 млн кл./мл, биомасса – 1.2–1.5 г/м³. В составе детритных частиц и агрегатах находилось 60–70% численности бактериальной микрофлоры.

Среднегодовая численность бактериопланктона в лимане «Змеиное озеро» составляла 2.1 млн./мл, биомасса – 0.46 г/м³. Доля бактерий в микроколониях и частицах детрита была 71.5% общей численности. В августе-сентябре численность бактерий возрастала до уровня эвтрофных вод 3.1–4.78 млн./мл, биомасса – 0.64–0.85 г/м³.

Межгодовая динамика обилия гетеротрофных бактерий в водах курортов отличалась от таковой портовых зон. В аномально теплый 2010 г. в зонах рекреации отмечали максимальную численность бактериального населения. Средние за период исследования величины численности в Геленджикской бухте варьировали от 2.8–3.8 млн кл./мл в 2005–2006, 2011 гг. до 7.1 млн кл./мл в 2010 г., биомассы соответственно от 0.5–0.7 г/м³ до 1.45 г/м³; в Анапской бухте от 2.8–3.1 млн кл./мл в 2006 и 2011 гг. до 8.6 млн кл./мл в 2010 г., биомассы от 0.5–0.58 г/м³ до 2.1 г/м³ соответственно. В августе 2010 г. при температуре воды 29.2–29.5°C показатели бактериального населения соответствовали уровню гиперэвтрофных вод и были максимальными для прибрежной зоны северо-восточного шельфа – 12.7–14.2 млн кл./мл, биомасса 2.4–3.6 г/м³. Количественные показатели бактерий продолжали оставаться высокими вплоть до сентября – 7.9–10.2 млн кл./мл, биомасса 1.4–2.4 г/м³. Существенный вклад в их биомассу вносили цепочковидные и нитевидные формы бактерий – до 57–65%. На отдельных участках вблизи рек Су-Аран (Геленджик) и Анапка биомасса нитей превышала биомассу палочек и кокков.

Средние биомассы бактерий Новороссийского и Туапсинского портов в два раза превысили соответствующие величины, полученные 10–15 лет назад (Селифонова, 2000; Селифонова и др., 2001). Динамика численности и биомассы бактериопланктона в Геленджикской бухте, испытывающей рекреационную нагрузку, имела ту же тенденцию к росту. Существенное влияние на увеличение численности бактериального населения могло оказать повышение температуры воды в последние годы. Так, летом в Новороссийском порту максимальная биомасса бактерий достигала 1.3–1.7 г/м³ (при средних значениях 1.07 г/м³), в Туапсинском – 0.7–1.0 г/м³ (при средних значениях 0.8 г/м³). По показателям биомассы бактерий воды портовых городов можно отнести к эвтрофно-гиперэвтрофным. Общее развитие бактериального населения в водах курортов Геленджика и Анапы соответствовало уровню гиперэвтрофных вод – 3.6–3.9 г/м³ (при средних значениях 1.3 г/м³).

Зоофлагелляты. В портах и бухтах северо-восточного шельфа Черного моря эти организмы представлены 10 таксономическими формами. Возрастание обилия бикозоецид и кинетопластид наблюдали летом и в начале осени, хоанофлагеллид – весной. В Новороссийском порту и Геленджикской бухте доминировали виды родов *Bodo*, *Parabodo* и *Monas* (75–82% общей численности). Их размерный состав представлен как мелкими (<2–3 мкм – до 68–75% общей численности), так и крупными формами (3–5 мкм – 25–32%). При прогреве воды мелкие кинетопластиды полностью вытесняли других представителей зоофлагеллят. В полузакрытых бухтах уровень развития зоофлагеллят был выше, чем в открытых. В Новороссийском порту их средняя численность составляла 2.5–2.8 млрд экз./м³ в 2006, 2007 гг. и 4.65 млрд экз./м³ в 2011 г., что в 1.5 раза выше, чем в открытой части; в Геленджикской бухте –

1.4–2.5 млрд экз./м³ в 2005, 2006 и 2011 гг. и 4.4 млрд экз./м³ – в 2010 г., в Анапской бухте – 1.25–1.5 млрд экз./м³ в 2006, 2011 гг. и 2.3 млрд экз./м³ – в 2010 г. Максимальная численность зоофлагеллят в Новороссийском порту достигала 4.1–9.7 млрд экз./м³ (биомасса 0.4–0.45 г/м³), в Геленджикской бухте – 4.1–6.2 млрд экз./м³ (0.2–0.37 г/м³). В открытой Анапской бухте показатели численности и биомассы зоофлагеллят были самыми низкими – 3.0–3.9 млрд экз./м³ (0.07–0.09 г/м³). По сравнению с 1990 гг. (Селифонова, 2001) биомасса зоофлагеллят в Новороссийском порту возросла в 2 раза, в Геленджикской бухте, по данным конца 1970-х годов (Моисеев, 1983), – в 3.5 раза. Возрастание численности зоофлагеллят обычно наблюдалось за пиками численности бактерий. Вклад зоофлагеллят в суммарную биомассу простейших составлял 24%.

Инфузории. Цилиатопланктон портов и бухт северо-восточного шельфа Черного моря представлен 54 таксономическими формами, включая 17 тинтиннид. 31 таксономическая форма планктонных инфузорий не указана ранее для региона (Мамаева, 1980; 1983). Наибольшее количество таксономических форм – 54 (17 тинтиннид) обнаружено в Новороссийской бухте, в Туапсинском порту – 46 (14), в лимане «Змеиное озеро» – 40 (14), в Геленджикской и Анапской бухтах – 36 (11) и 43 (6) соответственно, в Таманском и Сочинском портах 26 (2) и 37 (9) соответственно, в Керченском проливе – 20 (4). Аморфные формы в среднем достигали 75–95% обилия цилиатоценоза. Комплекс доминантных видов состоял из *Mesodinium rubrum*, *Mesodinium pulex*, *Strombidium conicum*, *S. emergens*, *S. vestitum*, *S. dalum*, *Foissneridium constrictum*, *Pelagostrobilidium spirale*, *Tiarina fusus*, *Tontonia appendiculariformis* и *Urotricha* sp. Наряду с ними в Геленджикской бухте была заметна *Laboea strobila*. В водах лимана «Змеиное озеро» доминировали *Holophrya pelagica*, *Lohmaniella oviformis*, *S. conicoides*, *Pelagostrobilidium spirale*, *M. rubrum*, *S. vestitum*, *Urotricha pelagica*, *Uronema marina*, в Керченском проливе – *Urotricha* sp., *M. rubrum*, *S. conicoides*, *S. emergens*, *S. vestitum*, в Таманском порту – *Holophrya*, *T. fusus*, *L. strobila*, *S. conicoides*, *S. emergens*, *S. vestitum*, *S. conicum*, *T. appendiculariformis*. Видовой состав «голых» инфузорий в более распресненных районах был сходен с таковым прибрежных вод северо-западной части Черного моря (Kurilov, 2010). Раковинные инфузории (тинтинниды) – *Tintinnopsis directa*, *T. minuta*, *T. beroidea*, *T. tubulosa*, *T. campanula* и *Favella ehrenbergii* отмечены на уровне субдоминант. Тинтинниды обильно развивались в теплое время года (10–25%, максимум 40% суммарного обилия инфузорий). В Геленджикской бухте и открытой части Туапсинского порта их доля в период массового развития была ≤10–15%. Преобладали *Tintinnopsis minuta*, *T. campanula*, *T. tubulosa* и *Favella ehrenbergii*. В Анапской бухте и Таманском порту обилие тинтиннид не превышало 5%. В массовом количестве отмечены только два вида – *Tintinnopsis minuta* и *Favella ehrenbergii*.

Осенью 2010 г. в водах торговых портов обнаружен вид-вселенец *Tintinnopsis tocaninensis* с численностью 0.3–5.5 тыс. экз./м³. Наряду с ним в Новороссийской бухте развивался вид-вселенец *Amphorellopsis acuta* – 5.5 тыс. экз./м³. В октябре 2011 г. количество *A. acuta* в этом районе возросло до

0.25 млн экз./м³, *Tintinnopsis tocaninensis* – 0.34 млн экз./м³. Численность чужеродных тинтинид *Tintinnopsis directa*, *T. tocaninensis*, *Eutintinnus tubulosus*, *Amphorellopsis acuta*, *Salpingella* sp. в лимане «Змеиное озеро» в конце лета – начале осени 2010–2011 гг. была максимальной для прибрежных вод северо-восточного шельфа (в 2–8 раз выше, чем в водах Новороссийского порта). Максимальная численность *T. tocaninensis* достигала 2.1 млн. экз./м³, *T. directa* – 1.3 млн. экз./м³, *A. acuta* – 0.9 млн. экз./м³, *E. tubulosus* – 0.4 млн. экз./м³, *Salpingella* sp. – 0.4 млн. экз./м³.

Среднеголетние показатели численности инфузорий в водах Новороссийского порта составляли 70.6 млн экз./м³, биомасса 0.48 г/м³, в открытой части их количество было в 2 раза ниже – 31.4 млн экз./м³, 0.25 г/м³. Максимум развития инфузорий приходился на лето – осень. В июне 2009 г. и октябре 2011 г. отмечен подъем биомассы до уровня высокоэвтрофных вод – 1.2–1.3 г/м³. В водах Туапсинского порта, где периодически аварийно разливаются нефтепродукты, численность и биомасса инфузорий была в 3–4 раза ниже, чем в Новороссийском порту (15.0 млн экз./м³ и 0.16 г/м³ соответственно). За пределами порта численность инфузорий была сравнима с таковой открытой части Новороссийского порта, а биомасса превышала в 2 раза. В динамике биомассы инфузорий отмечено три подъема – весной, летом и осенью (0.5–0.7 г/м³). В Геленджикской бухте численность инфузорий достигала 65.7 млн экз./м³, биомасса – 0.28 г/м³, в Анапской бухте – 31.1 млн экз./м³ и 0.1 г/м³ соответственно. За последние два года в водах курортов отмечено увеличение количества инфузорий в 3–4 раза: в Геленджикской бухте летом и осенью максимальная биомасса составила 0.5–0.7 г/м³, в Анапской бухте – 0.13–0.3 г/м³. В лимане «Змеиное озеро» среднегодовая численность инфузорий составляла 18.4 млн экз./м³, биомасса 0.35 г/м³ с максимальным подъемом в августе до 46.1 млн экз./м³, биомасса 0.82 г/м³. Самые низкие количественные показатели инфузорий отмечены в водах открытого Таманского порта – 7.4 млн экз./м³, биомасса 0.12 г/м³ (максимум в августе 14.0 млн экз./м³, 0.21 г/м³).

Обнаружена связь количественного развития инфузорий с трофностью вод. Реакция инфузорий на стресс проявлялась в увеличении численности мелких «голых» форм. Нарастание биомассы инфузорий происходило параллельно с развитием гетеротрофных бактерий – с июня до начала сентября. Уровень гетеротрофных микроорганизмов коррелировал с численностью нанопланктонных олиготрихид. Численность инфузорий регулировалась не только обеспеченностью трофическими ресурсами «контроль снизу», но и прессом консументов – *Pleopis polyphemoides* (Cladocera) «контроль сверху». Биомасса алорикатных инфузорий на исследуемых полигонах была в 1.5 раза ниже максимальных значений, когда-либо зарегистрированных в зонах интенсивного загрязнения морских бухт северо-восточного шельфа (Мамаева, 1994; Селифонова, 2001). По-видимому, пресс хищников, а также исключительно высокая интенсивность метаболизма при сбалансированности процессов автотрофной продукции и гетеротрофной деструкции обеспечивали снижение уровня развития инфузорий. Следует отметить, что показатели обилия инфузорий в открытых частях бухт и портов Новороссийска, Туапсе,

Тамани, Анапы были сопоставимы с таковыми, полученными в 1999–2000 гг. для северо-западной части Черного моря (Курилов, 2006).

3.2. Голопланктон

В голопланктоне северо-восточной части Черного моря обнаружено 35 таксономических форм, включая 20 – Copepoda, 4 – Cladocera, 6 – Rotifera, 2 – Stenophora, 1 – Dinophyceae (*Noctiluca scintillans*), 1 – Chaetognatha, 1 – Appendicularia (*Oikopleura dioica*), в Новороссийской бухте – 30, в Туапсинском порту – 24, в Анапской бухте – 29, в Геленджикской бухте – 26, в Сочинском порту – 16, в лимане «Змеиное озеро» и Таманском порту – по 15, в Керченском проливе – 22.

Величина среднемноголетней численности кормовых организмов (без учета ноктилюки, гребневиков и коловраток синхет) в водах Новороссийского порта составляла 24.5 тыс. экз./м³, биомасса – 0.29 г/м³. В открытой части показатели биомассы были в 1.8 раза выше – 0.5 г/м³. Голопланктон достигал 67–77% зоопланктона в водах порта и 73–88% – в открытой части. Его максимальная биомасса отмечена летом – в начале осени в водах порта (0.4–0.8 г/м³) и открытой части (0.8–2.0 г/м³). В зоопланктоне бухты выделено две группы сообществ: 1) сообщества открытых вод, в которых преобладали олиготрофные формы ракообразных *Pseudocalanus elongatus*, *Calanus euxinus*, *Paracalanus parvus*, *Centropages ponticus*, *Acartia clausi*, *Oithona similis* (Copepoda), *Penilia avirostris*, *Pseudevadne tergestina*, *Evadne spinifera* (Cladocera), парасагитты, аппендикулярии. 2) сообщества богатых детритом портовых вод. Эти сообщества состояли в основном из устойчивых к высокому содержанию ОВ организмов – неритических форм ракообразных *Acartia tonsa*, *Oithona davisae*, *Pleopis polyphemoides*, меропланктона, коловраток.

Климатические особенности последних лет (аномально жаркое лето – начало осени) и более раннее появление в планктоне гребневика *Beroe ovata* привели к увеличению обилия голопланктона. В сезонной динамике наиболее многочисленного таксоцена веслоногих раков помимо зимне-весеннего подъема численности отмечен летне-осенний. Первый пик численности обусловлен холодноводными видами *P. elongatus*, *C. euxinus* и эвритермным видом *A. clausi*, второй более значительный – теплолюбивыми видами *C. ponticus*, *A. tonsa*, *O. davisae* и эвритермным видом *P. parvus*. Наиболее низкие показатели обилия копепод и голопланктона отмечены в апреле – начале июля, т.е. в периоды размножения коловраток, ноктилюки и хищного гребневика *M. leidy*. В составе Copepoda наиболее обилен род *Acartia*: в водах порта (81–91%), в открытой части (34.6–63%). Размножение *A. clausi* происходило в течение года за исключением одного-двух месяцев (августа-сентября). Популяция *A. tonsa* существовала в планктоне с июня по ноябрь. С конца июня *A. tonsa* могла превосходить *A. clausi* по численности (> 60%), достигая пика в развитии в июле–сентябре (24–26 тыс. экз./м³ в порту, 6–8 тыс. экз./м³ в открытой части). Начиная с 2010 г. популяция недавнего вселенца *O. davisae* с конца августа до декабря всецело доминировала в голопланктоне, составляя 80–85% суммарного количества. Максимальная численность вида в сентябре в водах порта достигала 30 тыс. экз./м³, за его пределами – 17 тыс. экз./м³. У кладоцер

P. polyphemoides и *P. avirostris* происходило чередование пиков численности: в мае – начале июня – *P. polyphemoides*, в августе-сентябре – *P. avirostris*. На фоне повышения температуры воды в 2007 г. отмечено необычайное развитие *P. polyphemoides* в количестве, в 30 раз превышающем его обилие в прежние годы. В открытой части бухты отмечен рост численности *P. avirostris*. В водах порта среднемноголетние показатели численности коловраток *Synchaeta* sp. были в два раза выше, чем в открытой части. Их максимальная численность в водах порта в мае-июне достигала > 200–300 тыс. экз./м³. Численность *N. scintillans* в мае-июле была 30–60 тыс. экз./м³. Начиная с 2006 г. вид стал встречаться реже. В аномально теплые годы (2008–2010 гг.) отмечено самое низкое развитие ноктилюки. В открытой части возросло количество аппендикулярии *Oikopleura dioica* в сентябре и июне до 1.3 тыс. экз./м³, хищной *Parasagitta setosa* в октябре–ноябре – 3.3–14 тыс. экз./м³. Парасагитты вносили существенный вклад в биомассу голопланктона – 0.3–1.7 г/м³.

Величина среднемноголетней численности голопланктона в водах Туапсинского порта была два раза ниже, чем в Новороссийском порту. В открытой части голопланктонные организмы составляли 80% суммарной численности зоопланктона, в портовых водах – 65%. В 2009 г. отмечено возрастание количества голопланктона как в порту, так и за его пределами (20–47 тыс. экз./м³, биомассы 0.25–0.7 г/м³) при сохранении более низких показателей в загрязненной нефтью портовой зоне. Нефтяное загрязнение среды обитания неблагоприятным образом отражалось на жизнедеятельности олиготрофных видов ракообразных, аппендикулярий и парасагитт. Их численность была невысока. Вместе с тем, в водах порта отмечено увеличение численности *Synchaeta* sp., которое было максимальным для северо-восточного шельфа – 623 тыс. экз./м³ (96–99% суммарной численности голопланктона).

В открытой Анапской бухте величина численности голопланктона составляла в среднем 11.7 тыс. экз./м³, биомасса – 0.21 г/м³. В июле и сентябре его максимальная численность достигала 31.7–37.4 тыс. экз./м³, биомасса – 0.7 г/м³. В этом районе копеподы, кладоцеры и коловратки развивались слабо. Их обилие было ниже в сравнении с наблюдаемым в полузакрытых заливах и бухтах.

В Геленджикской бухте среднемноголетняя численность голопланктона составляла 19.7 тыс. экз./м³, биомасса 0.27 г/м³. Численность копепод была в два раза выше, чем в Анапской бухте. Однако в зонах рекреации копеподы развивались слабо. Численность *P. avirostris* за последние годы возросла в три раза и достигла максимума в августе – 11 тыс. экз./м³. Подъем численности коловраток отмечен в марте – 560 тыс. экз./м³, *O. dioica* – в июне, сентябре и ноябре – 1–2 тыс. экз./м³. Вклад *P. setosa* в обилие голопланктона был невелик.

Численность голопланктона в водах Сочинского порта составляла в среднем 21.3 тыс. экз./м³, биомасса – 0.18 г/м³; в открытой части – 17.8 тыс. экз./м³, биомасса 0.16 г/м³. Отмечено низкое развитие *P. setosa*, *O. dioica* и *N. scintillans*. Весной максимальная численность коловраток составляла 121.1 тыс. экз./м³. При повышении температуры воды в ноябре 2012 г. до 20°C отмечен выраженный пик плотности голопланктона (54–62.2 тыс. экз./м³ при биомассе 0.4–0.5 г/м³). Копеподы *P. parvus*, *C. ponticus* были обильно представлены в

голопланктоне, особенно популяция *A. clausi*, которая в открытой части достигала максимума численности 47 тыс. экз./м³.

Низкие показатели обилия голопланктона отмечены в водах Таманского порта и лимане «Змеиное озеро». В водах Таманского порта голопланктон составлял 70% суммарной численности зоопланктона, а его средняя численность – 6.5 тыс. экз./м³, биомасса 0.06 г/м³. В августе выявлено самое высокое развитие голопланктона, за счет популяции *A. tonsa* – 6.2 тыс. экз./м³ (73.4% суммарной численности голопланктона). В лимане «Змеиное озеро» численность в среднем составляла 4.2 тыс. экз./м³, биомасса 0.06 г/м³. Cladocera в водах лимана отсутствовали. Спад в развитии голопланктона отмечен в ноябре, мае, подъем – в сентябре (31.3 тыс. экз./м³) во время вспышки развития популяции *O. davisae* (85% его суммарного количества).

В Таманском заливе в июле численность голопланктона достигала 28.3 тыс. экз./м³ (54.5% суммарной численности зоопланктона). Доминировала популяция *A. tonsa* – 26.6 тыс. экз./м³. На полигоне Тузла – м. Панагия численность голопланктона была в 3.5 раза ниже (8.5 тыс. экз./м³, биомасса – 0.14 г/м³). Однако и здесь доля *A. tonsa* в суммарной численности голопланктона была высока – 83%. В голопланктоне Таманского причерноморья развивались крупные Cladocera *P. avirostris* (83% суммарной численности голопланктона). В районе Бугазского лимана популяция *P. avirostris* образовывала скопления до 14–19 тыс. экз./м³, биомасса 0.5–0.7 г/м³, *E. spinifera* – 0.7 тыс. экз./м³. В целом, при численности 15.4 тыс. экз./м³ биомасса голопланктона достигала высоких величин – 0.7 г/м³.

Основные черты сезонной сукцессии голопланктона прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря на примере Новороссийской бухты. Весеннее развитие голопланктона прибрежных вод определяется «цветением» воды фитопланктоном, за которым следует размножение крупных холодноводных веслоногих раков *C. euxinus*, *P. elongatus* и эвритермных *A. clausi* и *P. parvus*. В конце марта – начале апреля начинается интенсивное развитие коловраток синхет, гетеротрофной динофитовой водоросли ноктилюки *N. scintillans*. Эти организмы способны быстро увеличивать биомассу. Их большое количество – реакция на содержание в воде детрита и легкоусвояемого ОВ. В это время наблюдается спад в развитии копепод, но уже в конце мая отмечается резкий подъем численности *P. polyphemoides* (Cladocera), *A. clausi*, *P. parvus*, (Copepoda), за ними теплолюбивых стенотермных копепод *C. ponticus*, *A. tonsa*. Последние к концу месяца могут давать первый пик численности. Для нынешнего состояния голопланктона характерно сбалансированное чередование максимумов развития гребневиков *M. leidy*, *B. ovata* и голопланктона. Обилие голопланктона быстро снижается в конце июля – начале августа под прессом зоопланктонофага *M. leidy*. Сроки воздействия хищника на голопланктон контролируются гребневиком *B. ovata*, что влечет за собой дальнейшую перестройку голопланктона и всей пелагической экосистемы в целом. В середине лета может отмечаться значительный рост численности копепод *A. tonsa*, *P. parvus*, *C. ponticus*. В августе-сентябре максимальной численности достигают копеподы *A. tonsa*, ветвистоусые раки *P. avirostris* и, начиная с 2010 г., вид-вселенец *O. davisae*

(Copepoda). За пиками ракообразных следуют пики хищных щетинкочелюстных организмов *P. setosa*. Эти организмы формируют летне-осенний максимум биомассы голопланктона. По мере выхолаживания воды в прибрежье постепенно увеличивается количество эвритермных копепод *A. clausi*, *P. parvus*, холодноводных *C. euxinus*, *P. elongatus*, затухает размножение теплолюбивых stenотермных копепод и кладоцер.

Анализ многолетней динамики голопланктона. Выявленные в голопланктоне Новороссийской бухты позитивные изменения свидетельствуют о стабилизации портовой экосистемы на более высоком, чем в 1990-е гг. продукционном уровне. Для нынешнего состояния пелагических сообществ весьма характерно снижение пресса хищного гребневика *M. leidyi* и гетеротрофной ноктилюки *N. scintillans*. С 2002 г. в Новороссийской бухте наблюдается постепенное восстановление обилия голопланктона до уровня благополучных 1960–1970 гг. Четко обозначился осенний максимум биомассы голопланктона ($0.4\text{--}0.8\text{ г/м}^3$ в водах порта, $1.8\text{--}2.0\text{ г/м}^3$ в открытой части), отсутствующий в 1990-е гг. в период вспышки развития *M. leidyi*. Летом и осенью отмечено многократное возрастание численности ранее редких олиготрофных форм Copepoda и Cladocera – *P. parvus*, *C. ponticus*, *P. tergestina*, *E. spinifera*, а также обычных черноморских видов – *P. polyphemoides*, акарций, парасагитты, аппендикулярии. В 2010 г. выявлена невиданная ранее осенняя вспышка развития (30 тыс. экз./м^3) циклопоидных копепод *O. davisae*, занесенных в бухту с балластными водами коммерческих судов. Аналогичные процессы происходили и в более загрязненном Туапсинском порту, однако интенсивность их развития была в два раза ниже. В Анапской и Геленджикской бухтах отмечена такая же тенденция летне-осеннего увеличения обилия Copepoda *O. davisae*, Cladocera *P. avirostris* и аппендикулярий. В водах Сочинского порта осенью при достаточном прогреве вод отмечено многократное возрастание численности *A. clausi*, а за его пределами наряду с этим видом – *P. parvus*, *C. ponticus*. Такие глубокие изменения в пелагиали могли произойти под влиянием климатических особенностей последних лет (положительные аномалии температуры воды) и вселения в Черное море гребневика *B. ovata*. Многолетние изменения в биомассе зоопланктона сопровождались падением численности и биомассы фитопланктона и его структурной перестройкой (Селифонова, Ясакова, 2012). Конструктивные изменения в голопланктоне и спад в развитии фитопланктона – процесс постепенного ослабления эвтрофикации или «де-эвтрофикации» черноморской экосистемы, который наблюдается с 2002 г. (Юнев и др., 2009; Заика, 2011).

Сравнительный анализ видового состава голопланктона. Ординация (MDS) выявила максимальное сходство района I, объединяющего Новороссийский, Туапсинский, Сочинский порты, лиман «Змеиное озеро», Таманский залив по характеру распределения частоты встречаемости видов голопланктона (район). Сходство фауны объясняется физико-географическими и экологическими особенностями исследуемых участков – низкая прозрачность, слабая циркуляция вод и их высокий трофический статус. Ближе к ним по совокупности факторов Керченский пролив, Таманский порт,

Анапская бухта (II район). В отдельную группу выделен район III, объединяющий открытые участки Сочинского и Туапсинского портов, Геленджикскую бухту и район IV – открытая часть Новороссийского порта, Таманское причерноморье. Индекс видового разнообразия в полузакрытых районах был ниже (0.85–1.5 нит/особь), чем в открытых водах (1.75–2.4 нит/особь). Самые минимальные значения индекса характерны для лимана «Змеиное озеро», Сочинского порта, Керченского пролива, включая Таманский залив (≤ 1.0 нит/особь). Результаты сходства видового состава и численности голопланктона, полученные на основе иерархической кластеризации для весны – осени, показали, что на уровне 40% сходства прослеживалось четкое разделение дендрограммы на два кластера, объединяющих две группы организмов. В первую группу вошли парасагитты, кладоцеры, теплолюбивые виды копепод *A. tonsa*, *O. davisae*, *C. ponticus* и круглогодичные виды *P. parvus*, *O. dioica*, что обусловлено сходным типом их динамики летом и осенью. Холодноводный комплекс видов выделен в отдельную группу с уровнем сходства 75–90%. К ним примыкали ноктилюка и коловратки, которые весной давали вспышку численности.

3.3. Меропланктон

Личинки донных беспозвоночных прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря были представлены 78 таксономическими формами, из них: 27 – Polychaeta, 4 – Cirripedia, 1 – Phoronida, 21 – Decapoda, 11 – Bivalvia, 11 – Gastropoda и 3 – Hydrozoa. Наибольшее количество таксономических форм (67) обнаружено в Новороссийской бухте, в Туапсинском порту – 46, в Геленджикской и Анапской бухтах – 58 и 53 таксономические формы соответственно, в Сочинском порту, Керченском проливе – по 23, в лимане «Змеиное озеро» – 22, в Таманском причерноморье – 18, Таманском порту – 17. Доля меропланктона в общей численности зоопланктона в среднем была 23–35%, достигая в пик нереста в Керченском проливе более 50% (в Туапсинском порту 15%, в Геленджикской бухте, Таманском порту – 17%, в лимане «Змеиное озеро» – 6.5%). В планктоне прибрежных вод личинки донных беспозвоночных встречались круглогодично, их видовой состав и численность изменялись по сезонам. Сезон нереста донных беспозвоночных приурочен к маю – сентябрю. Весной доминировали личинки двустворчатых моллюсков *Mytilus galloprovincialis* и *Cardiidae* gen. sp., летом преобладали личинки брюхоногих *B. reticulatum* и двустворчатых моллюсков *Mitilaster lineatus*, осенью – личинки *Bivalvia M. galloprovincialis*, *Anadara inaequalis*, *Chamelea gallina*. Личинки *Polydora* spp. и *Amphibalanus improvisus* составляли основу пула меропланктона от ранней весны до поздней осени. Комплекс доминантных видов меропланктона в кутовых участках полузамкнутых бухт и портов состоял из толерантных к загрязнению личинок *A. improvisus*, *Bittium reticulatum*, *M. lineatus*, *Polydora* spp., что косвенно свидетельствует об усилении антропогенной нагрузки на данных акваториях. Среди личинок *Polydora* spp. выделены личинки двух морфологически отличных полихет *P. ciliata*, *P. cornuta*. Последний вид впервые обнаружен в грунтах Туапсинского порта в 2009 г., в лимане «Змеиное озеро» – 2011 г. В открытых водах бухт и

портов, в Геленджикской бухте и Таманском причерноморье отмечена высокая численность личинок брюхоногих и двустворчатых моллюсков и низкая численность личинок, устойчивых к загрязнению. В структуре меропланктона полузамкнутых портов определенную роль играли личинки аллохтонного происхождения – моллюски и десятиногие раки, которые заносились с течением. Отмечено влияние температуры на численность меропланктона. Повышение температуры воды в 2007–2010 гг. вызвало резкий подъем численности летнего меропланктона до 28–30.6 тыс. экз./м³ в Новороссийской бухте и Керченском проливе (Таманский залив). В полузамкнутых портах и бухтах численность личинок в среднем колебалась от 1.8 тыс. экз./м³ в лимане «Змеиное озеро» до 18.7 тыс. экз./м³ в Новороссийском порту. На открытых водах Таманского причерноморья численность меропланктона была значительно ниже – 3.0–8.2 тыс. экз./м³, исключение составляет Анапская бухта – 18.2 тыс. экз./м³, где гиперэвтрофирование воды в летний сезон приводит к доминированию толерантных к загрязнению личинок баянусов (56 тыс. экз./м³).

Основные черты сезонной и многолетней динамики меропланктона на примере Новороссийской бухты. Численность меропланктона была минимальной в ноябре-декабре, а его доля в зоопланктоне в это время не превышала 0.016–3.1%. Зимний подъем численности меропланктона в феврале определялся главным образом присутствием личинок двустворчатых моллюсков *M. galloprovincialis* и *Cardiidae* gen. sp. Их численность в 2004 и 2006 гг. колебалась от 2.4 до 7.2 тыс. экз./м³. В марте в планктоне возросла роль личинок полихет *Polydora* spp., *Spio filicornis* – 0.4 тыс. экз./м³, а также баянусов *A. improvisus* – 0.8 тыс. экз./м³. Апрельское снижение обилия меропланктона (0.045 тыс. экз./м³) соответствовало сезонному циклу развития зоопланктона в северо-восточной части Черного моря. Годовой максимум численности личинок двустворчатых моллюсков *M. galloprovincialis* и *Cardiidae* gen. sp. отмечен в мае 2006 г. – 14.5 тыс. экз./м³. В июне с повышением температуры воды до 19–20°C в планктоне возрастала численность личинок баянусов *A. improvisus* и *Verruca spengleri*, полихет *Polydora* spp. и брюхоногих моллюсков *B. reticulatum*. Кроме того, встречались личинки полихет *Capitella capitata capitata*, *Nephtys hombergii*, *Scolelepis squamata*, *Alitta succinea*, *Microspio mecznikowianus*. Личинки *A. improvisus* (12.6 тыс. экз./м³) и полихет (10 тыс. экз./м³) определили летний пик численности ларватона в июне 2004 г., а личинки *B. reticulatum* (Gastropoda) – в середине июля того же года (28 тыс. экз./м³). В первой декаде августа зарегистрирован максимум численности личинок *Mytilaster lineatus* (Bivalvia) – 11 тыс. экз./м³, что составило 89% всего зоопланктона. В 2005 году летний пик численности обеспечивался преимущественно личинками *B. reticulatum* (17 тыс. экз./м³). Доля этого вида в общей численности зоопланктона достигала 83%. С июля до конца августа обычными в планктоне были личинки десятиногих раков *Diogenes pugilator*, *Upogebia pusilla*, *Pilumnus hirtellus*, *Athanas nitescens*, *Palaemon elegans*, массовые из которых – *D. pugilator*, *U. pusilla*. Их максимальная численность достигала 2 тыс. экз./м³. В августе-сентябре в планктоне присутствовали личинки полихет *Sabellaria taurica* и *Prionospio* spp.,

брюхоногих моллюсков *Rapana venosa*, двустворчатых моллюсков *C. gallina* и *A. inaequalvis* и гидроидных медуз *Sarsia tubulosa*. Однако численность этих видов была невысока. В ноябре меропланктон был представлен главным образом личинками двустворчатых моллюсков *A. inaequalvis*, *M. galloprovincialis*, брюхоногих моллюсков *Rissoa* sp., полихет *Polydora* spp. и усоногих раков *A. improvisus*. Хорошо выраженные пики численности меропланктона (несколько десятков тысяч экз./м³) отмечены в июне-августе 2004 г., в мае и в августе 2005 г., в мае-июне 2006 г. В 2007–2010 гг. температура воды была на несколько градусов выше показателей предшествующих лет, причем наиболее жарким был 2010 г. В конце мая 2007 г. отмечен резкий подъем численности меропланктона до 24.5 тыс. экз./м³, за счет массового выхода в планктон личинок *Polydora* spp. – 12.8 тыс. экз./м³, *A. improvisus* – 5.3 тыс. экз./м³ и *B. reticulatum* – 3 тыс. экз./м³, двустворчатых моллюсков *Cardiidae* gen. sp. и брюхоногих моллюсков *Nassarius reticulatus* и *Rissoa* sp. Перест донных беспозвоночных продолжался до сентября включительно, доля меропланктона в зоопланктоне достигала 58–65%. Летний комплекс доминантных видов меропланктона состоял из *Polydora* spp., *A. improvisus*, *B. reticulatum* и *M. lineatus*. их суммарная численность колебалась от 7 до 23 тыс. экз./м³. При этом в июне 2009 г. существенный вклад в личиночный пул внесли личинки *A. improvisus* (8.6 тыс. экз./м³), в июне 2010 г. – личинки *B. reticulatum* (14.8 тыс. экз./м³), *A. improvisus* (3.3 тыс. экз./м³), *M. lineatus* (2.3 тыс. экз./м³), *Polydora* spp. (1.4 тыс. экз./м³). С конца августа наряду с этими видами встречались личинки двустворчатых моллюсков *A. inaequalvis* и *C. gallina*, гидроида *S. tubulosa*; в первой декаде октября – личинки *A. improvisus*, *Polydora* spp., *A. inaequalvis* и *M. galloprovincialis*. В открытой части Новороссийской бухты наиболее обильными были личинки моллюсков. В мае основу пула составляли личинки двустворчатых моллюсков *M. galloprovincialis* и *Cardiidae* gen. sp. Максимальная численность этих организмов в 2006–2007 гг. достигала 14–25.7 тыс. экз./м³, а доля в зоопланктоне 38.9–62%. В июне отмечали увеличение числа личинок брюхоногих моллюсков *N. reticulatus* – 7.8 тыс. экз./м³, в июле *M. lineatus* (*Bivalvia*) – 4.7–6.9 тыс. экз./м³, *B. reticulatum* (*Gastopoda*) – до 28 тыс. экз./м³, в начале сентября пик численности обеспечивали *A. inaequalvis*, *C. gallina* (*Bivalvia*) – 3.6 тыс. экз./м³.

3.4. Ихтиопланктон

В составе ихтиопланктона северо-восточного шельфа Черного моря и Керченского пролива обнаружены 33 таксономические формы икринок и личинок. Наибольшее число видов отмечено в Новороссийской бухте (31 таксономическая форма), в Туапсинском порту (17), в Таманском причерноморье, включая Таманский порт (15), в Сочинском порту, в Анапской и Геленджикской бухтах (по 14), Керченском проливе (9), в Таманском заливе (3). В водах портов и Керченском проливе преобладала икра мигрирующих видов рыб – хамсы (70–92% общей численности ихтиопланктона), за пределами портов, наряду с хамсой (50–60%), доминировала икра султанки, морского карася, ставриды, лапины и темного горбыля; в водах Таманского

причерноморья – икра хамсы (74%) и султанки. В водах курортов состав доминантных видов был иным: в Анапской бухте преобладала икра оседлых видов рыб – арногоса, морского ерша и мигрирующего вида – морского карася; в Геленджикской бухте – икра мигрирующих рыб – хамсы, султанки, ставриды, морского карася, в водах Сочинского порта – икра султанки.

Наиболее богатой по видовому разнообразию и обилию ихтиопланктона являлась Новороссийская бухта. Таксономический состав ихтиопланктона, отмеченный в 2006–2010 гг. был сопоставим с уровнем 2002–2003 гг. (Болгова, 2005). Преобладала икра и личинки мигрирующих видов рыб – султанки, ставриды, морского карася с явным доминированием хамсы (70% общего числа). В открытой части бухты наряду с ними была заметна икра темного горбыля и лапины. В водах порта средняя за период исследования численность ихтиопланктона в вертикальных ловах составляла 10.8 экз./м², в горизонтальных – 171.8 экз./100 м³, за пределами порта – 64.6 экз./м² и 214.8 экз./100 м³ соответственно. В Новороссийской бухте отмечено постепенное восстановление нерестовых популяций пелагофильных рыб, о чем свидетельствует увеличение видового разнообразия и обилия ихтиопланктона за последнее десятилетие. В 2006–2010 гг. обилие ихтиопланктона в водах порта в среднем возросло на порядок. В центре порта и в районе западного мола, где сосредотачивалась основная масса ихтиопланктона, очевидно, происходил активный нерест рыб. Вполне возможно, что пелагическая икра, равно как и личинки донных животных (меропланктон), в воды порта заносятся течениями. Неравномерное распределение меропланктона в Новороссийской бухте и образование скоплений личинок и икры в кутовой застойной части бухты объясняется особенностями циркуляции вод. В водах порта 50–80% икры было нежизнеспособной и с аномалиями в развитии, что в 2–2.5 раза выше, чем за пределами порта. Максимальное количество погибших икринок наблюдалось при переходе со II на III этап и в начале IV этапа развития (на стадии появления зародышевой полоски). Более благоприятные условия для нагула и нереста рыб в открытой части бухты, очевидно, обусловили высокую численность ихтиопланктона, максимум которого достигал 500–700 экз./100 м³ и более. В многолетнем аспекте в Новороссийской бухте выявлено снижение уровня элиминации ихтиопланктона. Положительная тенденция в выживании ихтиопланктона способствует увеличению численности популяций рыб. По показателям таксономического состава и обилия ихтиопланктона открытая часть бухты соответствует таковым 1980-х гг.

Аналогичная ситуация складывалась в Таманском причерноморье. В районе Бугазского лимана икра на 95–98% была без патологии в развитии, а показатели обилия близки к таковым, отмеченным в открытой части Новороссийской бухты – 87.0 экз./м² и 233.5 экз./100 м³. В ихтиопланктоне преобладала икра мигрирующих промысловых видов рыб – хамсы (74%) и султанки (11.9%). В заметных количествах (2.4%) отмечены икринки и личинки арногоса. Доля личинок в ихтиопланктоне была ≤ 9–14%. В районе м. Железный рог и Таманского порта численность ихтиопланктона в 2010 и 2013 гг. была в 1.5 раза выше уровня 2004 г. (Болгова и др., 2005), что позволяет говорить об улучшении условий среды обитания для нерестовых популяций

пелагофильных рыб. Однако между причалами порта, несмотря на высокую численность 42.3 экз./м² (в горизонтальных ловах – 124.1 экз./100³) количество элиминированного ихтиопланктона достигало 40–50%.

В Туапсинском порту, несмотря на хороший водообмен, средняя численность ихтиопланктона в 2–3 раза ниже, чем в Новороссийской бухте, а видовой состав беднее. Средняя численность ихтиопланктона достигала в водах порта 6.3 экз./м² и 50.7 экз./100 м³, в открытой части – 38.0 экз./м² и 214.3 экз./100 м³. Вероятно причиной низкого количественного обилия икры и личинок рыб является хроническое нефтяное загрязнение вод порта – периодические выбросы нефтепродуктов из подземной линзы. Доля погибшей икры и с аномалиями в развитии в среднем составляла в водах порта 68%, за его пределами 52%.

Минимальные значения численности ихтиопланктона отмечены в Таманском заливе, где ихтиопланктон был крайне беден (3 вида). На многих станциях икринки встречались единично либо отсутствовали. В вертикальных ловах преобладали икринки только одного вида – хамсы (средняя численность 1.3 экз./м²). Доля погибшей икры и с аномалиями в развитии составляла 37.5%. Элиминация ихтиопланктона в районе коса Тузла – м. Панагия колебалась от 34.7 до 58.9%. Отмечено развитие 9 видов рыб, среди которых доминировала хамса. В этом районе на рейде судов осуществлялась перевалка минеральных удобрений, серы, зерна и других грузов. Средняя численность в вертикальных ловах составляла 23 экз./м², в горизонтальных – 118.7 экз./100³. Численность ихтиопланктона в прибрежных водах в среднем была в 2.4 раза ниже, чем в глубоководной 10-м зоне.

В водах курортов обнаружено 14 таксономических форм икры и личинок рыб. В составе ихтиопланктона Сочинского порта преобладала икра и личинки мигрирующих видов рыб ставриды, хамсы, с преобладанием султанки (50% от общего числа). Количество личинок в составе ихтиопланктона ≤ 0.5%. Доля нежизнеспособных икринок и с аномалиями в развитии в среднем достигала 45% в порту и 18% за его пределами. Средняя численность ихтиопланктона в водах порта составляла 11.6 экз./м², в горизонтальных ловах – 47.6 экз./100³; в открытой части – 39.3 экз./м² и 89.9 экз./100³ соответственно. В открытой части общее количество ихтиопланктона, собранного методом траления, было в 3.5 раза ниже, отмеченного в 2007 г. в районе Хосты (Горайнова и др., 2011). В то же время численность редкого и охраняемого вида сем. кефалевых – остроноса была на порядок выше таковой открытой части Новороссийской бухты (Студиград, 2011).

В Анапской бухте средняя численность ихтиопланктона в вертикальных ловах составляла 69.7 экз./м³, в горизонтальных – 290 экз./100³. Личиночный комплекс был представлен слабо (≤ 2%). Количество нежизнеспособных икринок и с аномалиями в развитии колебалось от 6.5 до 13.9%. Количество икры редких и охраняемых видов рыб, таких как лапина и арноглос, в Анапской бухте было самым высоким для северо-восточного шельфа Черного моря. Численность икры арноглоса, собранная методом траления, в среднем достигала 116 экз./100³, лапины – 52 экз./100³. Эти показатели были почти на порядок выше максимальных значений, отмеченных в северо-восточной части

(Студиград, Болгова, 2011). Некоторые авторы обнаружили положительную динамику численности лапины в водах Новороссийска, Туапсе и Сочи в сравнении с 1990-ми гг. (Надолинский, 2004; 2006; Студиград, Болгова, 2011).

В Геленджикской бухте при небольшом числе видов (14 таксономических форм) выявлена самая высокая численность ихтиопланктона – в среднем 179 экз./м³ и 641.5 экз./100³. Преобладала икра хамсы, султанки, ставриды, морского карася (в сумме 73.6%). Доля мертвого ихтиопланктона и с аномалиями в развитии была ≤ 11.3–12.5%. Богатство пелагической икры и личинок рыб обусловлено тем, что в районе м. Толстого и Тонкого сохранился естественный скалистый биотоп с донной растительностью, благоприятный для развития зообентоса и рыб. В открытую часть бухты ихтиопланктон очевидно заносится течениями. В этом районе преобладала икра мигрирующих видов рыб – хамсы, султанки, ставриды, морского карася. В заметных количествах отмечены икринки редкого и охраняемого вида рыб – каменного окуня. Его численность была в 6 раз выше, чем в открытой части Новороссийской бухты. Что касается другого редкого и охраняемого вида рыб – темного горбыля, то в открытых частях бухт Геленджика и Новороссийска икра и личинки темного горбыля регистрируются ежегодно с максимальной численностью 20–60 экз./100³.

3.5. Зообентос рыхлых грунтов и его связь с загрязнением донных осадков

В донной фауне Новороссийского порта идентифицировано 36 таксономических форм. Доминировали организмы, показательные для органического обогащения донных осадков, – нематоды, олигохеты, многощетинковые черви *Capitella capitata capitata* и немертины (75–95%). Биоценоз *Capitella* располагался на большей части площади дна порта, биоценоз *Plagiocardium papillosum* – в районе ворот порта и за его пределами. Донные биоценозы порта были крайне бедны. В 2006 и 2007 гг. плотность поселений макрофауны варьировала от 2.5 до 12.5 тыс. экз./м², биомасса – от 0.1 до 40–60 г/м² (при средних значениях 6.4 тыс. экз./м² и 9.0 г/м²). В пробах грунта в непосредственной близости канализационных выпусков живые представители макрзообентоса не обнаружены. Доля нематод в этих пробах достигала 80–100%. Общая биомасса зообентоса в зонах канализации была ≤ 0.1 г/м², что в 10–20 раз ниже, чем на станциях между причалами. До недавнего времени влияние органического обогащения грунтов на зообентос рассматривалось как фактор, сопутствующий загрязнению донных осадков НУ (нефтяными углеводородами). В воды Новороссийского порта ОВ поступает с береговым стоком и накапливается в донных отложениях наряду с НУ. Осадки на большей площади порта представлены, главным образом, черными алевритово-пелитовыми илами с запахом сероводорода. Мы проанализировали содержание лабильных сульфидов в верхнем слое донных осадков порта – наиболее информативный гидрохимический параметр оценки состояния морской среды в мелководных загрязняемых бассейнах (Сорокин, Буркацкий, 2007; Сорокин, Закусина, 2008). Летом содержание сульфидов в осадках Новороссийского порта варьировало от 80 до 1980 мг S/дм³ сырого ила в зависимости от близости к источникам загрязнения, поступающих из города со

сточными водами и порта. Критический уровень концентрации ($> 600 \text{ мг S/дм}^3$ сырого ила) отмечен между причалами вблизи выхода городских стоков. Максимальные концентрации – $1620\text{--}1980 \text{ мгS/л}$ сырого ила отмечены в районах выпусков канализации. Они близки к самым высоким показателям, когда-либо зарегистрированным в зонах интенсивного загрязнения морских бухт городскими сточными водами (Сорокин, Закускина, 2008). Концентрации НУ в грунтах порта превышали допустимые уровни в $28\text{--}47$ раз ($1.38\text{--}2.35 \text{ мг/г}$) по критериям *Neue Niederlandische Liste* (Селифонова, Часовников, 2013). Однако коррелятивной связи между уровнем биомассы бентоса и концентрацией НУ в донных осадках не найдено. Высокие концентрации НУ наблюдали не только на участках почти безжизненного ила у выпусков канализации (до $3\text{--}6.87 \text{ мг/г}$), но и между причалами ($1.0\text{--}2.28 \text{ мг/г}$), в центре порта ($1.1\text{--}1.96 \text{ мг/г}$), где биомасса донных животных была достаточно высока. По шкале органического обогащения грунтов (Петров, 2000) Новороссийский порт имеет высокий уровень – IV. Об этом свидетельствуют интенсивные процессы сульфатредукции в донных отложениях, снижение количественных показателей донной макрофауны при доминировании в сообществах наиболее устойчивых видов полихет и нематод.

В донной фауне Туапсинского порта идентифицировано 22 таксономические формы. Макрозообентос Туапсинского порта был еще более беден в сравнении с Новороссийским портом. Средняя биомасса зообентоса в 2009–2010 гг. в Туапсинском порту составляла 6.5 г/м^2 , численность 1.9 тыс. экз./ м^2 . Основной компонент фауны – многощетинковые черви, нематоды, олигохеты. Выделено три сообщества полихет, прогрессивных по отношению к загрязнению, – *Heteromastus*, *Capitella*, *Nephtys*. Пробы грунтов отбирали не в зонах береговых стоков, а на некотором удалении от них. Средние концентрации НУ в Туапсинском порту в 2009–2010 гг. составили $2.08\text{--}2.73 \text{ мг/г}$. Они в $42\text{--}55$ раз превышали допустимые уровни концентраций и были в 1.3 раза выше, отмечаемых в Новороссийском порту. Максимальные концентрации НУ ($14.8\text{--}16.3 \text{ мг/г}$) отмечены на полузамкнутой станции 1. На станции 5 проводили регулярные дноуглубительные работы (выемку грунта). Здесь содержание НУ, несмотря на аварийный выброс НУ, было низким ($1.8\text{--}3.5 \text{ мг/г}$). Зимой концентрации лабильных сульфидов варьировали от 220 до 940 мгS/дм^3 сырого ила. Их высокие показатели ($640\text{--}940 \text{ мгS/дм}^3$) отмечены на станциях, подверженных прямому органическому загрязнению. Критический уровень зарегистрирован на станции 5, где биомасса зообентоса не превышала 1.9 г/м^2 . Осенью содержание сульфидов колебалось от 172 до 860 мгS/дм^3 сырого ила. Максимальная концентрация сульфидов – $835\text{--}860 \text{ мгS/дм}^3$ отмечена на станции 1. Летом и осенью в этом районе биомасса зообентоса была крайне бедна ($0.4\text{--}0.6 \text{ г/м}^2$). Вне зон прямого воздействия стоков содержание сульфидов зависело от характера осадка и на большей части водах порта не превышало $345\text{--}365 \text{ мгS/дм}^3$.

Полученные результаты свидетельствуют, что, накопление лабильных сульфидов в верхнем слое донных осадков в Новороссийском и Туапсинском портах – опасное экологическое последствие антропогенного загрязнения, которое вызывает деградацию донных биоценозов. Уровень концентрации

сульфидов более 600 мгS/ дм³ сырого ила приводит к элиминации макрозообентоса.

Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛЛАСТНЫХ ВОД КОММЕРЧЕСКИХ СУДОВ И МОНИТОРИНГ БИОИНВАЗИЙ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Исследование балластных вод в Новороссийском порту. В балластных водах танкеров, прибывших под погрузку нефтепродуктами в порт Новороссийска в 2004–2006 и 2009–2010 гг., соленость воды колебалась от 17.7 до 25.9‰. Обнаружены личинки эвфаузиевых раков на стадиях калиптопис-II, фурцилия-I, личинки нечерноморских полихет сем. Spionidae с необычной морфологией, личинки полихет *Polydora cornuta*, голопланктонные полихеты, нечерноморские личинки двустворчатых моллюсков сем. Cardiidae, личинки гигантской устрицы *Crassostrea gigas*, 19 таксономических форм чужеродных копепод, 7 – чужеродных тинтинид и др. Численность зоопланктона колебалась от 1.3 до 60 тыс. экз./м³. Подсчитано, что танкер объемом балластных цистерн 18.6 м³ сбрасывает в Новороссийскую бухту свыше 85 млн экземпляров меропланктона. В «живых» пробах балластных вод отмечена высокая численность планктонных алорикатных инфузорий сем. Strombidiidae и *Myrionecta rubra*. – 17.6–116 млн экз./м³, что свидетельствовало о значительном загрязнении вод порта-донора. По показателям численности и биомассы гетеротрофного бактериопланктона (4.7–7.5 млн кл/мл) балластные воды на некоторых танкерах соответствовали уровню эвтрофных вод. Обработана 381 проба водяного балласта. Адаптирована для местных условий международная методика исследования судовых балластных вод. Временная методика контроля включала исследование балластных вод на соленость, таксономический состав, численность гидробионтов и мониторинг биоинвазий в Новороссийской бухте, оценку риска чужеродных видов. Выявлено, что наиболее вероятен риск вселения в Новороссийскую бухту видов из средиземноморья, откуда поступает 62% балластных вод. Исследования водяного балласта и проверка судовой документации «Ballast'water reporting form» увеличили процент судов, выполнивших замену балласта в открытом море (до 70–90%).

Мониторинг биоинвазий в прибрежных водах северо-восточного шельфа Черного моря. В прибрежных водах северо-восточного шельфа Черного моря установлено шесть инвазивных видов – *Tintinnopsis directa*, *T. tocantinensis*, *Amphorellopsis acuta* (Ciliata: Tintinnida), *Oithona davisae* (Copepoda: Cyclopoida), *Polydora cornuta*, *Streblospio gynobranchiata* (Polychaeta: Spionidae), в Азовском море – *O. davisae*. Всего в водах портов обнаружено 53 вида-интродуцента, находящихся на разных стадиях акклиматизации: 45 – Copepoda (в их числе 44 сомнительные таксономические формы), 2 – Polychaeta, 6 – Tintinnida (3 таксономические формы с неустановленным статусом). Наибольшее количество чужеродных видов (53) отмечено в Новороссийской бухте, в водах Туапсинского порта – 18 (12 таксономических форм сомнительных, 3 – неустановленных), в лимане Змеиное озеро – 12 (5 –

Copepoda, 2 – Polychaeta, 5 – Tintinnida, из которых 4 сомнительных, 2 неустановленных). Сомнительные таксономические формы Copepoda обнаружены в Анапской бухте и Керченском проливе – 9 и 2 соответственно. Основные «группы риска» инвазий – раковинные инфузории, неритические виды веслоногих раков, многощетинковые черви и фитопланктон. Обнаруженные организмы имели разную галопатию и в большинстве были средиземноморского происхождения. При попадании чужеродного вида в новую среду обитания, с оптимальными условиями существования, может произойти «экологический взрыв численности», как это мы наблюдали в случае с циклопоидными копеподами *O. davisae*. С конца августа до декабря 2010 г. вид всецело доминировал в зоопланктоне портов и бухт, составляя 80–85% суммарного количества. Его максимальная численность, отмеченная в Новороссийской бухте в сентябре, достигала 30 тыс. экз/м³, в Геленджикской и Анапской бухтах и в лимане «Змеиное озеро» – 22–27.6 тыс. экз/м³. В августе 2010 г. в отмечено появление *O. davisae* в Азовском море. Нами построена обобщенная схема жизненного цикла вида в Новороссийской бухте.

Донное поселение многощетинкового червя *S. gynobranchiata* впервые обнаружено в Новороссийском порту в 2001 г. в эстуарии реки Цемес с плотностью 0.98 тыс. экз./м² (Мурина и др., 2008). В 2007 г. максимум плотности вида достиг 9 тыс. экз./м², в 2008 г. – 10 тыс. экз./м². В 2003 г. *S. gynobranchiata* зарегистрирован у берегов Турции в Эгейском море (Cinar et al., 2005), в 2004 г. популяция вида с высокой плотностью обнаружена в южной части Каспийского моря (Тахери et al., 2008), в 2007 г. вид отмечен Севастопольской бухте (Болтачева, 2008), в 2011 г. в лимане «Змеиное озеро» (Большой утриш) (Radashvsky, Selifonova, 2012). Все авторы связывают появление данной полихеты с переносом его личинки с водяным балластом. В августе 2009 г. в грунтах Туапсинского порта впервые отмечен многощетинковый червь *P. cornuta*. В 1997 году его обнаружили в прибрежных водах Румынии (Radashvsky, 2005), в 2005 г. – в южной части Крымского побережья (Болтачева, Лисицкая, 2007), в 2011 г. – в лимане «Змеиное озеро» (Radashvsky, Selifonova, 2012).

В последние годы участились случаи единичных находок и локальных всплесков численности чужеродных для Черного моря видов раковинных инфузорий. В Новороссийской бухте отмечено 6 таксономических форм (Гаврилова, 2010; Селифонова, 2012), в Туапсинском порту и в лимане «Змеиное озеро» – по 5. Численность чужеродных тинтиннид *Tintinnopsis directa*, *T. tocaninensis*, *Eutintinnus tubulosus*, *A. acuta*, *Salpingella* sp. в лимане «Змеиное озеро» была максимальной для прибрежных вод северо-восточного шельфа (см. гл. 3.1).

Глава 5. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО ТИПА

Полученные результаты позволяют утверждать, что в портах и бухтах сформировалось и эффективно функционировало планктонное сообщество

гетеротрофов, которое интенсивно перерабатывало не только первичную продукцию фитопланктона, но и избыток ОВ, поступающего с береговым стоком. Анализ характера трофических взаимоотношений фитопланктона и зоопланктона на примере крупных портов Новороссийска и Туапсе (Селифонова, Ясакова, 2012) выявил значительную роль детрита в питании ряда зоопланктонных организмов. Отмечено, что по мере увеличения трофности вод в голопланктоне и меропланктоне закономерно росло количество организмов, жизненная стратегия которых характеризуется преимущественной детритоядностью – коловраток, личинок донных животных, мелких ракообразных *P. polyphemoides*, видов рода *Acartia*. За счет увеличения биомассы зоопланктона в открытой части Новороссийской бухты скорость фильтрации водной массы возросла в 1.5 раза, в водах порта осталась на уровне 1990-х гг. Процесс осаждения ОВ разными группами зоопланктона примерно одинаков, в то время как в водах Туапсинского порта инфузории осветляли воду в два раза быстрее, чем голопланктон и меропланктон. Летом процессы самоочищения проходили наиболее интенсивно, в другие сезоны при слабом развитии протистофауны снижались. Полученные данные о фильтрационной деятельности зоопланктона согласовывались с показателями интенсивности самоочищения Новороссийской бухты (временем полного оборота ОВ) (Селифонова, Лукина, 2001).

Новороссийская бухта и Туапсинский порт. Элементы суточного баланса энергии в портовых экосистемах были рассчитаны для июля-августа. В это время в прибрежье развивались кризисные процессы – на фоне высоких температур, рекреации повышался уровень органического загрязнения, а хищный гребневик *M. leidy* оказывал повреждающее воздействие на планктонных фильтраторов. В соответствии с результатами балансовых расчетов построены схемы потоков энергии в экосистемах (рисунки 2, 3).

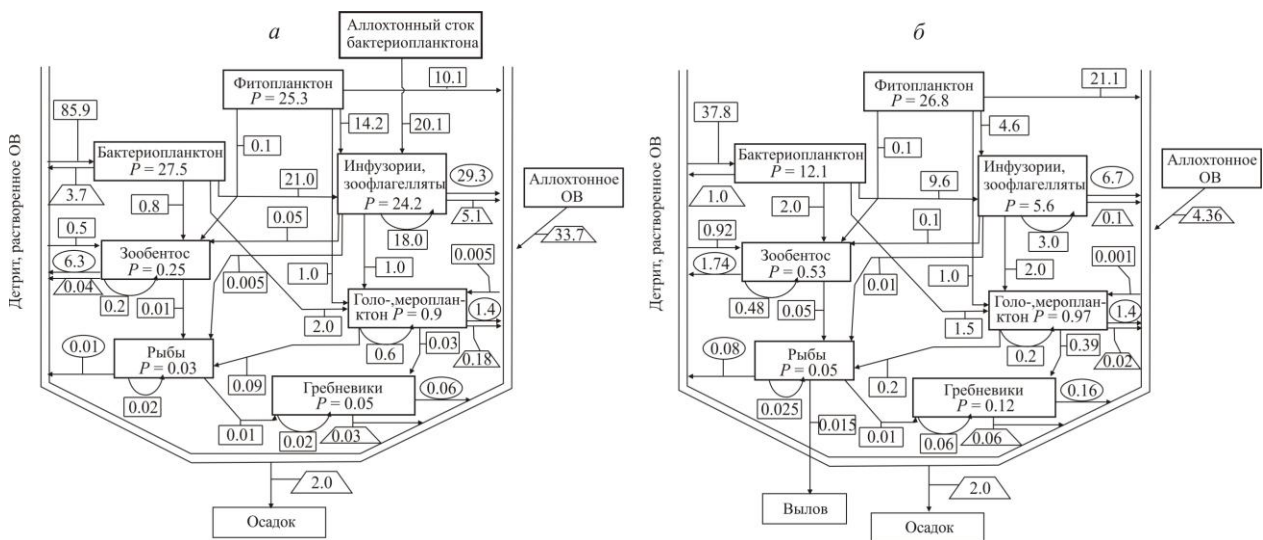


Рисунок 2 – Схема потоков энергии (в кДж/м²) в экосистеме Новороссийской бухты в июле-августе. *a* – порт, *б* – открытая часть. Цифры в квадратах – рационы последующего трофического звена, в кружках – неусвоенная часть рационов, в трапециях – непотребленная продукция

Элиминация зоопланктона гребневиком *M. leidy* приводит к упрощению трофической цепи, утрате способности экосистемы к биотическому самоочищению и способствует ее деформации. С появлением в Черном море гребневика *B. ovata* наметилась тенденция к восстановлению экосистемы, что проявлялось в сбалансированном чередовании максимумов развития гребневиков *B. ovata*, *M. leidy* и кормового зоопланктона. Согласно произведенным модельным расчетам *M. leidy* выедал до 3–15% продукции метазойного планктона в водах портов Новороссийска и Туапсе и 40–51.5% за их пределами. Приведенные данные свидетельствовали о стабилизации портовых экосистем на более высоком, чем в 1990-е гг., продукционном уровне. Для сравнения, в Азовском море в пик своего развития *M. leidy* при полном отсутствии конкурентов выедал до 83–97% продукции зоопланктона, что приводило к редукции его видового состава, биомассы и разрастанию кризисных процессов. Влияние загрязнения на распределение потока энергии в портовых экосистемах отражалось следующим образом: большая часть потока проходила через бактериальное звено (69.8–84.5% потока энергии) и инфузорий (11–24%). Роль голопланктона и меропланктона в суммарной деструкции невелика. Деструкционная активность инфузорий направлена главным образом на усвоение и минерализацию накапливающейся биомассы бактерий. Биомасса алорикатных инфузорий летом и осенью в Новороссийском порту могла подниматься до уровня высокоэвтрофных вод. Ощутимая часть биомассы инфузорий формировалась за счет аллохтонного бактериопланктона, поступающего с береговым стоком. Деятельность микрогетеротрофов в пищевой цепи «бактерии – зоофлагелляты – инфузории» осуществляла достаточно эффективное самоочищение вод Новороссийского порта.

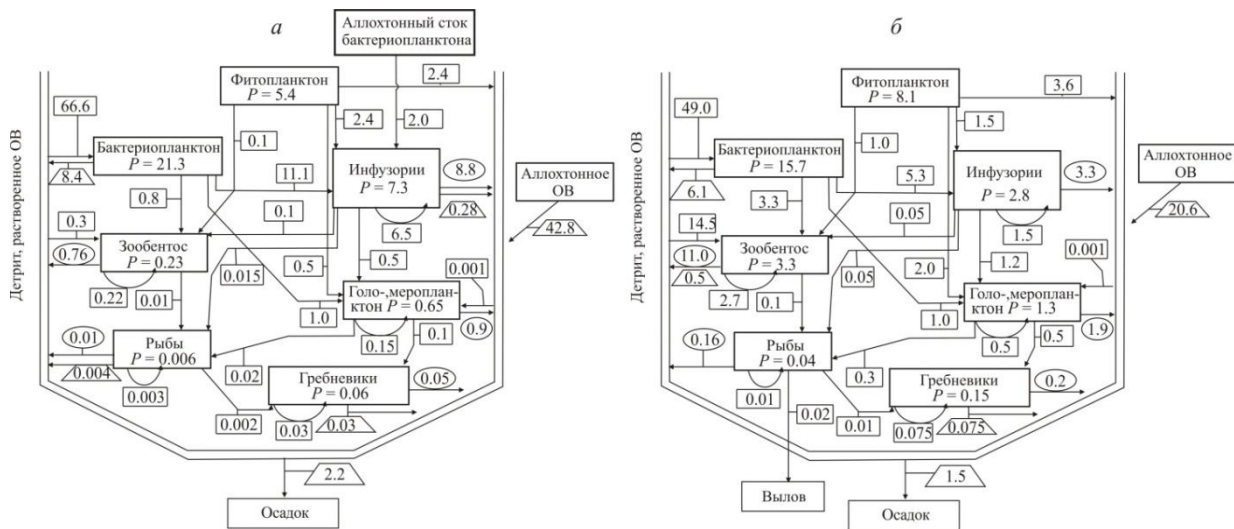


Рисунок 3 – Схема потоков энергии (в кДж/м²) в экосистеме Туапсинского порта в июле-августе. а – порт, б – открытая часть

Снижение роли животных компонентов пищевой цепи в метаболизме экосистемы Туапсинского порта под воздействием нефтяного загрязнения способствовало ее более низкой ассимиляционной емкости по отношению к загрязняющим веществам. Продукция инфузорий была почти в три раза ниже по

сравнению с аналогичными показателями Новороссийского порта. Тем не менее, при существующем уровне развития фитопланктона (в 3.5–5 раз ниже в сравнении с показателями Новороссийского порта) и хорошем водообмене планктонные гетеротрофы справлялись с нагрузкой ОВ автохтонного и аллохтонного происхождения даже в периоды разрастания кризисных процессов в экосистеме. Интенсивность биологического самоочищения, определенная по суммарному дыханию планктонных гетеротрофов, в период наибольшей рекреационной нагрузки и пресса хищников почти на порядок превосходила первичную продукцию, а в водах Новороссийского порта – в 1.5–3 раза. Следовательно, естественные портовые экосистемы справлялись с антропогенной органической нагрузкой. Приведенные материалы демонстрируют важную роль зоопланктона в процессах самоочищения загрязненных вод и позволяют рассматривать гетеротрофное планктонное сообщество портовых вод в качестве своеобразного экологического барьера на пути влияния антропогенных факторов.

Лиман «Змеинное озеро». Энергетический баланс экосистемы лимана «Змеинное озеро» был рассчитан для лета – начала осени (август-сентябрь) в соответствии со сроками заселения ее чужеродными видами (см. главу 4) Хищные гребневики в лимане отсутствовали. Экосистема лимана функционировала в значительной мере за счет энергии накопленного в воде запаса ОВ, которое включалось в пищевую цепь при участии бактерий (рисунок 4). Этим она отличалась от других исследованных нами прибрежных экосистем

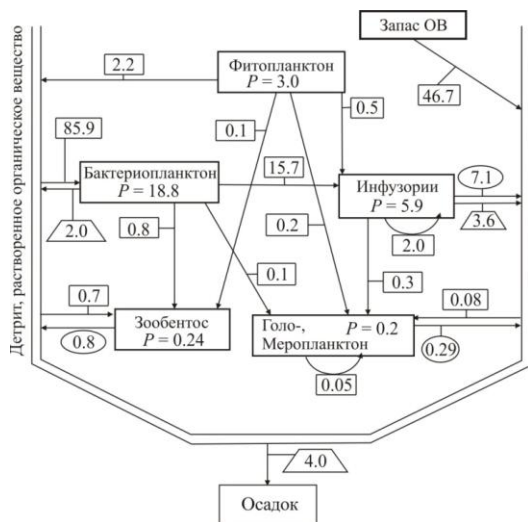


Рисунок 4 – Схема потоков энергии (в кДж/м²) в экосистеме лимана «Змеинное озеро» в конце лета – начале осени

северо-восточного шельфа, где была достаточно высока доля аллохтонного ОВ. Запас ОВ в такой экосистеме формировался в основном во время автотрофной фазы сезонной сукцессии планктонного сообщества. В основе антропогенной трансформации экосистемы лимана лежала деградация звеньев трофической цепи в бентали. В рыхлых грунтах с сильным запахом сероводорода отмечен биоценоз полихеты *Capitella* с биомассой 10.5 г/м². Поэтому продукционно-деструкционные функции донных сообществ перераспределялись к планктонным и функционирование экосистемы осуществлялось на уровне микрогетеротрофов (бактерий и ресничных простейших).

Доля гетеротрофного бактериопланктона в суммарной деструкции экосистемы была 86.8%, доля инфузورий – 10.4%. При суммарной биомассе 1.67 г бактерии и инфузории включали в круговорот около 4.0 г первопищи. Доля фильтраторов голо- и меропланктона в деструкции ОВ лимана была невелика 0.5%, доля донных животных – 1.2%. Разность между

деструкцией и первичной продукцией характеризует функцию самоочищения, выполняемую экосистемой. Емкость гетеротрофов, населяющих экосистему лимана, была рассчитана на нагрузку ОВ в 15–25 раз превышающую суточную первичную продукцию фитопланктона. Исключительно высокая интенсивность метаболизма экосистемы лимана при сбалансированности процессов автотрофной продукции и гетеротрофной деструкции сдерживала развитие кризисных процессов. На этом фоне создавались чрезвычайно благоприятные условия для вселения в экосистему лимана чужеродных видов, заносимых с водяным балластом из акватории нефтетерминала КТК-Р.

Сочинский порт. Элементы суточного баланса энергии для экосистемы Сочинского порта были рассчитаны для июля. В это время гребневик *M. leidy* выедал до 85.7% продукции голо- и меропланктона, практически всю продукцию рыб (рисунок 5а).

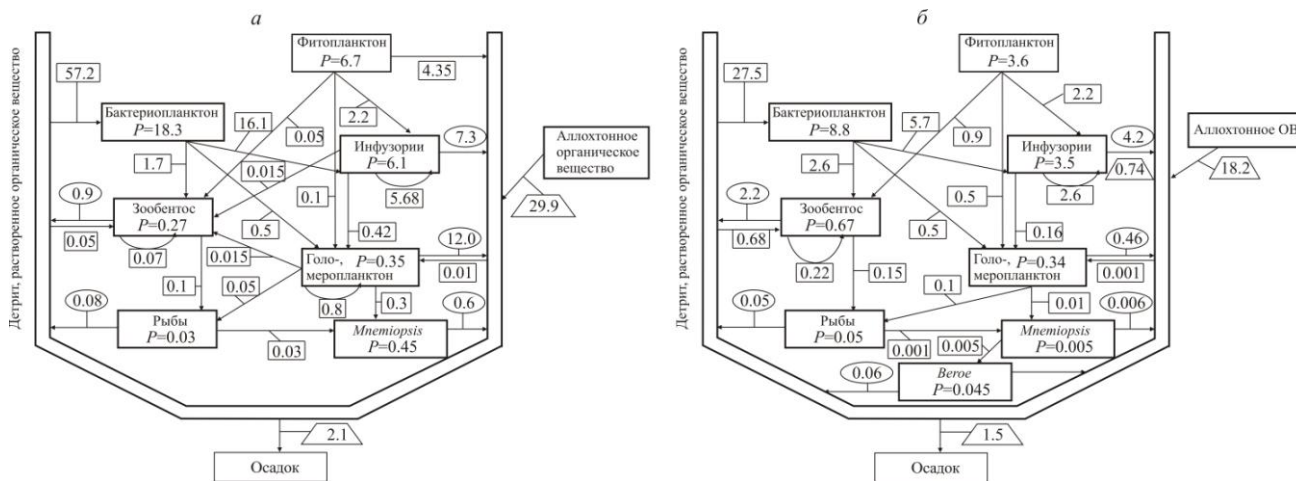


Рисунок 5 – Схема потоков энергии (в kJ/m^2) в экосистеме Сочинского порта в июле (а) и Таманского порта (б) в июле-августе

В таких условиях голо- и меропланктон мог использовать только 1.5–3.0% продукции фитопланктона и бактерий. В основе антропогенной трансформации экосистемы лимана лежала деградация звеньев трофической цепи в бентали. В рыхлых грунтах с сильным запахом сероводорода обнаружены многощетинковые черви родов *Heteromastus*, *Capitella*, *Nephtys*, нематоды, олигохеты. Биомасса донных животных (15 г/м^3) была в два раза выше по сравнению с портами Новороссийска и Туапсе. Функционирование экосистемы осуществлялось на уровне микрогетеротрофов (бактерий, инфузорий). Доля гетеротрофных бактерий в суммарной деструкции экосистемы составляла 83.9%, доля инфузорий – 10.5%. Энергетической основой для функционирования бактерий являлось аллохтонное ОВ, поступающее с речными водами (29.9 кДж/м^2). При максимальной биомассе 1.18 г бактерии и инфузории включали в круговорот около 2.3 г первопищи. Зоопланктон расходовал 0.9% энергетического материала, зообентос – 1.3%. В целом, суммарное дыхание

гетеротрофов было в 7 раз выше первичной продукции фитопланктона, что свидетельствовало о хороших самоочищающих способностях экосистемы.

Таманский порт. Экосистема открытого Таманского порта с достаточно эффективным естественным самоочищением вод являлась основой нормальных портовых экосистем (рисунок 5б). В отсутствии сероводородного заражения донных осадков в экосистеме сохранилась нормальная пищевая цепь, включая сообщество моллюсков ракушечно-песчаных биоценозов *C. gallina*. Кризисные явления в такой экосистеме не развивались даже в период наибольшей антропогенной нагрузки и пресса хищников. Энергетический баланс экосистемы порта был рассчитан для конца лета. В это время гребневик *B. ovata* выедал практически всю продукцию, производимую *M. leidy*. Увеличение продукции планктонных фильтраторов повышало самоочищающую способность экосистемы порта. Главную роль в пищевой цепи играли бактерии и инфузории. Их биомасса была на уровне мезотрофных вод, т.е. в 3–3.5 раза ниже, чем в водах Новороссийского порта. Доля бактериопланктона в суммарной деструкции составляла 78%, доля инфузورий – 11.7%. Суммарное дыхание гетеротрофов было почти в 6 раз выше первичной продукции фитопланктона. Энергетический «вход» в экосистему формировался за счет аллохтонного ОВ, поступающее с водами Керченского пролива (18.1 кДж/м²).

Элементы суточного баланса экосистемах курортных городов Геленджика и Анапы были рассчитаны для июля-августа.

Геленджикская бухта. В экосистеме Геленджикской бухты в условиях высокого эвтрофирования вод и локального сероводородного заражения донных осадков сохранилась нормальная пищевая цепь, включая зообентос и макрофиты (рисунок 6а).

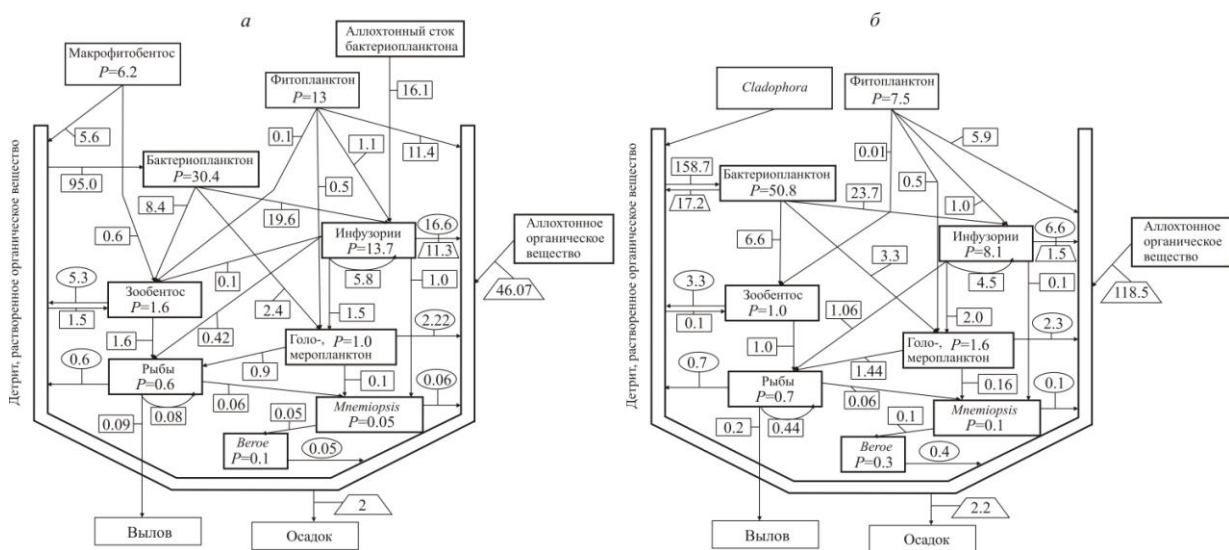


Рисунок 6 – Реконструкция схемы потоков энергии (в кДж/м²) в экосистеме Геленджикской бухты (а), в экосистеме Анапской бухты (б) в июле-августе

В донных биоценозах выделено сообщество двустворчатого моллюска-фильтратора *C. gallina* (Мельник, 2003). Состав макрофитов свидетельствовал о средней степени загрязненности вод бухты ОВ (Березенко, 2003). Бентосные сообщества были деградированы в районе порта и городских сточных вод. В верхнем слое донных осадков этих районов содержание губительных для животных лабильных сульфидов достигало критических величин 700–900 мг/Сдм³ сырого ила (Сорокин, Закускина, 2008). «Емкость» сообщества гетеротрофов к переработке ОВ, оцененная по их суммарному дыханию, почти в 6.5 раз превышала первичную продукцию фитопланктона. Деструкцию ОВ на 76.3% осуществляло бактериальное сообщество, на 13.2% инфузории. Биомасса гетеротрофных бактерий достигала верхнего уровня эвтрофных вод. При анализе энергетических потоков в экосистеме стало очевидно, что суммарный рацион планктонных простейших превышает продукцию, производимую фитопланктоном и бактериями. В этом случае единственным источником дополнительной пищи могла быть аллохтонная бактериальная биомасса, попадающая в бухту с береговым стоком. Рационы инфузорий на 38.7% состояли из этого источника питания. Основным энергетическим ресурсом для микрогетеротрофов служило ОВ, поступающее в бухту во время интенсивной рекреации. Их деятельность была достаточна для эффективного самоочищения экосистемы бухты. При суммарной биомассе 2.37 г бактерии и простейшие включали в круговорот около 7.4 г первопищи.

Анапская бухта. Высокие биомассы гетеротрофных бактерий и сапробных зеленых водорослей летом определяли экологический статус Анапской бухты как гиперэвтрофного района. Четверть численности фитопланктона формировали показательные для загрязненных и опресненных участков моря эвгленовые и синезеленые водоросли (Ясакова, 2012). Основным источником загрязнения бухты являлась деградировавшая в болото река Анапка, несущая стоки с города и сельхозугодий. Локальное переудобрение прибрежных вод приводило к ежегодному летнему «цветению» у анапских пляжей нитчатой зеленой водоросли кладофоры бродячей (Vershinin, Kamnev, 2001). В супралиторали накапливалось до 7.5 тыс. т гниющих водорослей (камки). В условиях предельно высокого эвтрофирования вод в такой экосистеме сохранилась нормальная пищевая цепь, включая сообщество моллюсков-фильтраторов песчаного биотопа *C. gallina* (рисунок 6б). Расчеты показали, что большая часть потока энергии (88.2%) в экосистеме проходила через микробную пищевую цепь, 5.4% – через звенья инфузорий и зоофлагеллят. Суммарное дыхание гетеротрофов было в 15 раз выше первичной продукции фитопланктона, а их рационы в 24 раза. Деятельность микрогетеротрофов в пищевой цепи «бактерии – зоофлагелляты – инфузории» была достаточной для эффективного самоочищения вод. Общее количество гетеротрофных бактерий достигало верхнего уровня гиперэвтрофных вод. Энергетической основой для их функционирования служило аллохтонное ОВ,

поступающее с речными водами (118.5 кДж/м²). При максимальной биомассе 3.5 г бактерии и простейшие включали в круговорот около 8.5 г первопищи.

Глава 6. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОНА АЗОВСКОГО МОРЯ

6.1. Голопланктон

Различные исследователи по-разному анализировали основные элементы сетного зоопланктона Азовского моря и их биомассу, поэтому довольно трудно, если невозможно, составить представление о многолетнем тренде сообщества в целом по литературным данным. Таксономическая и количественная обработка зоопланктона полностью осуществлена автором по единым методикам с одинаковой количественной точностью учета.

В голопланктоне Азовского моря, включая Керченский пролив, обнаружены 64 таксономические формы: Copepoda – 34 (Calanoida – 10, Cyclopoida – 15, Harpacticoida – 9), Cladocera – 11, Rotifera – 18, Stenophora – 2; в Керченском проливе – 26 таксономических форм: Copepoda – 15 (Calanoida – 5, Cyclopoida – 5, Harpacticoida – 5), Cladocera – 2, Rotifera – 4, Dinophyceae – 1 (*N. scintillans*), Stenophora – 2, Appendicularia – 1 (*O. dioica*), Chaetognatha – 1 (*S. setosa*). При анализе голопланктона, равно как и меропланктона открытой части Азовского моря, нас в первую очередь интересовали изменения, происходящие в этих сообществах в июне. Июнь – наиболее продуктивный месяц года, характеризующийся максимальным видовым разнообразием кормового зоопланктона и его наибольшим обилием. В июле, в условиях пресса пелагического хищника гребневика *M. leidy*, численность зоопланктона резко сокращается, и к августу–сентябрю в планктоне встречаются лишь единичные экземпляры планктонных животных.

Величина среднемноголетней численности кормового голопланктона (без учета коловраток и гребневиков) в июне 2003–2006 гг. варьировала в пределах 7.5–33.5 тыс. экз./м³ в открытой части Азовского моря до 42.7 тыс. экз./м³ в Таганрогском заливе, 27.5–49.5 тыс. экз./м³ в Темрюкском заливе и 5.2–28 тыс. /м³ в Керченском проливе. Голопланктон составлял 28.4–57.8% общего количества зоопланктона в открытой части Азовского моря, 70% – в Таганрогском заливе, 25–33% – в Темрюкском заливе и 26.6–50% в Керченском проливе. Средние показатели биомассы колебались от 0.7–0.43 г/м³ в открытой части до 0.4–0.5 г/м³ в Таганрогском и Темрюкском заливах, 0.08–0.27 г/м³ в Керченском проливе. Голопланктонное сообщество характеризовалось незначительным числом доминирующих (структурообразующих) видов. Для него были свойственны невысокие показатели индекса разнообразия Шеннона (0.34–1.1 нит/инд), отражающие слабую степень организованности. Ординация (MDS) выявила максимальное сходство по характеру распределения частоты встречаемости видов голопланктона северо-восточного района и Темрюкского залива, которые являются наиболее продуктивными зонами Азовского моря. В отдельную группу выделены низкопродуктивные центральный, южный и западный

районы, подверженные сильному воздействию гребневика. Отмечена значительная удаленность в прямоугольных координатах Таганрогского залива и Керченского пролива. В Таганрогском заливе, населенном специфической морской, солоноватоводной и пресноводной фауной, смена таксономического состава голопланктонных организмов сопровождалась значительными перестройками в распределения видов.

Результаты сходства видового состава и численности голопланктона Азовского моря показали, что на уровне сходства 65% четко выделялась группа морских видов, обитающих в Керченском проливе. В заливах возрастала роль солоноватоводных Cladocera – *Podonevadne trigona*, *Bosmina longirostris* с высоким уровнем сходства – 72%. Типичные солоноватоводные виды копепод *Calanipeda aquaedulcis*, *Eurytemora affinis* также имели высокий уровень сходства – 63%. Наибольшую степень подобия (98%) имели циклопоидные и гарпактикоидные копеподы. Степень подобия теплолюбивых эвригаллиных морских видов *P. polyphemoides*, *C. ponticus* составляла 40%. К ним примыкал превалирующий вид – *A. tonsa*, обладающий аналогичными характеристиками по отношению к среде обитания. Наименьшим сходством видового состава (8%) отличались коловратки.

В Азовском море отмечены зоны концентрации голопланктона в северо-восточном районе, Темрюкском заливе и западной части Таганрогского залива. Веслоногие раки (Copepoda) преобладали над остальными таксономическими группами (64–81.8% в Азовском море, 99.5% в Керченском проливе). Доминирующий вид *A. tonsa*. Организмы с партеногенетической стратегией размножения и частой сменой поколений, такие как коловратки рода *Synchaeta* с детритоядной стратегией питания и хищная форма *Asplanchna priodonta*, определяли максимальную численность голопланктона. Их суммарная среднесезонная численность достигала в Азовском море – 68.4 тыс. экз./м³ (74.5% суммарного голопланктона), в Таганрогском и Темрюкском заливах – 160–190 тыс. экз./м³ (60–80%). Биомасса коловраток возрастала в северном и восточном районах моря (0.6–1.2 г/м³), Таганрогском заливе (0.6 г/м³), в Темрюкском заливе (0.9–1.2 г/м³). Другие организмы с аналогичной стратегией размножения, такие как Cladocera, были немногочисленны. Средняя численность *P. polyphemoides* колебалась в диапазоне от 1–3.2 тыс. экз./м³ в Азовском море и Керченском проливе (Таманский залив) до 14.1 тыс. экз./м³ в Темрюкском заливе. В более распресненном западном районе Таганрогского залива и северном районе море количество вида было минимальным. В Таганрогском заливе отмечены солоноватоводные Cladocera – *P. trigona*, *B. longirostris*.

Структура и пространственная организация таксоцены веслоногих раков. Первая фаза кардинальных изменений структуры азовоморских копепод наступила в 1960–1970-е гг. после зарегулирования стока реки Дона (Ковалев, 1991). Осолонение вод инициировало процесс «понтизации» фауны – вселение в Азовское море черноморских видов, таких как «малой» *A. clausi*, «большой» *A. clausi*, *O. nana*, *P. parvus*, *C. ponticus*, в том числе медуз. Вторая фаза (с конца 1980-х гг.) – фаза катастрофической перестройки планктонного сообщества под влиянием хищного гребневика *M. leidyi*. Общее количество

копепод сократилось с 5–7 до 1–2 видов в открытой части Азовского моря, с 7–12 до 4–6 в Таганрогском заливе (Гребневик., 2000).

В июне 2003–2006 гг. в Азовском море, включая Керченский пролив, идентифицировано 37 таксономических форм веслоногих раков, среди которых 12 каланоид, 16 – циклопид, 9 – гарпактикоид. Азовское море населено морской, солоноватоводной и пресноводной фауной. Среди небольшого числа каланоид до 2010 г. здесь абсолютно доминировал эвригалинный морской вид *A. tonsa*. Из эвригалинных видов *C. aquaedulcis* встречался повсеместно. *E. affinis* образовывал скопления в Таганрогском и Темрюкском заливах. Стеногалинный вид *Heteroscopa caspia* имел ограниченный ареал – Таганрогский залив. Пресноводные эвригалинные Cyclopoidea и морские эвригалинные Harpacticoida формировали облик эстуарного населения заливов. Из морских видов, отмеченных в Керченском проливе только *C. ponticus* проникал в Азовское море до изогалины 7‰ и образовывал скопления в центральной части моря.

Увеличение роли *Acartia* в таксоценозе копепод – это общая закономерность для Азовского и Черного морей. Степень доминирования *A. tonsa* в общей численности копепод составляла 80–85%. Высокая численность вида отмечена в эстуарных зонах рек – Таганрогском заливе, восточном районе Азовского моря. В июне 2003 и 2005 гг. при оптимальной для размножения вида температуре (21.3–21.7°C) выявлено интенсивное развитие популяции *A. tonsa* (до 41 тыс. экз/м³). Депрессирование популяции наблюдалось в местах массового развития хищного гребневика. Максимальная численность *C. aquaedulcis* отмечена в северо-восточной части моря и Таганрогском заливе (3.2–7.6 тыс. экз/м³), в Темрюкском заливе (1.1 тыс. экз/м³), *C. ponticus* – в центральном районе моря (5.8 тыс. экз/м³). *E. affinis* – Таганрогском и Темрюкском заливах (1.4–2.5 тыс. экз/м³), *H. caspia* – Таганрогском заливе (0.14 тыс. экз/м³). Таксономический состав веслоногих раков Азовского моря, несомненно, еще недостаточно изучен, о чем свидетельствует отсутствие описания ряда морфотипов рода *Acartia* и *Centropages*. Чужеродные виды черноморского, средиземноморско-атлантического и каспийского происхождения продолжают встречаться в азовоморском копеподном комплексе и, очевидно, процесс их вселения продолжается. Об этом свидетельствует появление в 2010 г. и массовое развитие в Азовском море циклопидных копепод *O. davisae*, занесенных в бассейны портов северо-восточного шельфа Черного моря с балластными водами коммерческих судов (Selifonova, 2011; Svistunova, 2013).

6.2. Меропланктон

В составе меропланктона Азовского моря в июне 2003–2005 гг. обнаружено 26 таксономических форм, из которых Polychaeta – 7, Cirripedia – 1, Decapoda – 5, Gastropoda – 5 и Bivalvia – 8. Относительное содержание меропланктона в зоопланктоне составляло 55–75%. Обилие меропланктона в значительной степени связано с высоким трофическим уровнем вод Азовского моря, его мелководностью и, как правило, с нерестом одного или нескольких

наиболее массовых видов. Основу пула меропланктона составляли виды, толерантные к эвтрофикации вод и сульфидному загрязнению донных осадков *Mytilaster lineatus*, *Cerastoderma* sp., *Abra segmentum*, *Hydrobia acuta* и *Amphibalanus improvisus*. Максимальная численность меропланктона отмечена в 2003 и 2005 гг. – в среднем 15–20 тыс. экз/м³, что почти в 2–2.5 раза выше, чем в 2004 г. Найденные величины хорошо соответствуют межгодовым различиям сроков прогрева воды в эти годы. В июне 2003 и 2005 гг. средняя температура воды у поверхности достигала 21.3–21.7°C, в июне 2004 г. она была несколько ниже – 19.2°C. Основной вклад в общую численность меропланктона (53–71%) в 2003 и 2005 гг. вносили велигеры и великонхи двустворчатых моллюсков, из них наибольшего обилия достигали *Abra segmentum*, *Cerastoderma* sp. и *Mytilaster lineatus*. Меньшие концентрации отмечены для личинок брюхоногих моллюсков (18–20%) и усонюгих раков (5–22%). Доля нектохет и трохофор многощетинковых червей *Neanthes succinea*, *Nephtys hombergii*, *Polydora ciliata* и зоеа десятиногого рака *Rhithropanopeus harrisi tridentata* составляла ≤ 4–6%. В 2004 г. пул личинок был представлен, главным образом, *Amphibalanus improvisus* (Cirripedia) (87%). Распределение меропланктона в Азовском море было неравномерным. В 2003 г. численность этих организмов колебалась от нулевых значений в зонах заморозов в восточной части Таганрогского залива до 122 тыс. экз/м³ в центральном районе Азовского моря. В 2005 г. наблюдалось увеличение численности личинок моллюсков в восточном и северном районах – до 80–124 тыс. экз/м³. Личинки *A. improvisus* были весьма многочисленны и распространены по всему морю в 2004 г. В основном это были науплиусы ранних стадий, доля циприсов составляла не более 7–11%. Максимальная численность (33–35 тыс. экз/м³) зарегистрирована в восточном и западном районах, где преобладали готовые к оседанию личинки этого вида. В 2003–2005 гг. относительно высокие концентрации меропланктона отмечены в восточном районе (35–84 тыс. экз/м³).

Наиболее частый механизм запуска нереста – это прогрев воды до определенной температуры. Однако характер распределения меропланктона зависел, скорее, от комплекса факторов, среди которых немаловажную роль играл пресс хищного гребневика *M. leidyi*. Относительно высокая температура воды в Азовском море в июне 2005 г. и хорошая обеспеченность пищей, по-видимому, стимулировали его более ранний заход из Черного моря. На станциях, расположенных в юго-восточном и центральном районах Азовского моря, где в массе развивался гребневик, меропланктон был крайне беден (≤ 1 тыс. экз/м³). На распределение меропланктона значительное воздействие оказывал уровень эвтрофикации вод и сульфидное загрязнение донных осадков Азовского моря. В июне 2005 г. в северо-восточной части Азовского моря зарегистрировано интенсивное «цветение» воды токсичной синезеленой водоросли *Microcystis aeruginosa* (Ясакова, 2006), с которым связывают заморы, ухудшение качества воды и гибель фауны. Вероятно, поэтому в пробах меропланктона обнаружены организмы, погибшие до их фиксации (до 50–80%). Крайняя бедность меропланктона в восточной части Таганрогского залива в 2003 г. и в центральном районе Азовского моря в 2004 г. – это следствие такого опасного антропогенного феномена, как гиперэвтрофикация вод. Сток реки

Кубань формирует в море запас доступного для меропланктона ОВ в виде взвеси и растворенной фракции. Этот источник, возможно, способствует большей продуктивности восточного района, где в период исследований концентрация меропланктона достигала 35–84 тыс. экз/м³.

Глава 7. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА АЗОВСКОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ ТАГАНРОГСКОГО И ТЕМРЮКСКОГО ЗАЛИВОВ

7.1. Таганрогский залив

В 2003 г. обнаружено 66 таксономических форм зоопланктона: 7 – Tintinnida, 18 – Rotifera, 11 – Cladocera, 20 – Copepoda, 1 – Stenophora и 9 таксономических форм меропланктона, из них 1 – Polychaeta, 1 – Cirripedia, 2 – Decapoda, 4 – Bivalvia, 1 – Hydrozoa. Основным видом, определяющим характер и биомассу копепод в течение вегетационного сезона, была *A. tonsa*. Максимум биомассы зоопланктона в заливе отмечен в мае (1.4 г/м³), менее выраженные подъемы биомассы в июне-июле (1.0 г/м³). В мае происходило размножение крупных коловраток *A. priodonta*. Интенсивному развитию коловраток сопутствовало размножение веслоногих раков *E. affinis*, в западном районе – личинок баянусов. В июне в заметных количествах отмечены инфузории тинтинниды. Основную биомассу зоопланктона формировали коловратки и веслоногие раки. В западной части залива преобладала популяция *Brachionus quadridentatus*, в распресненной восточной – *A. priodonta* и *B. plicatilis*. Повсеместно, кроме устья реки Дон, где локализовался вид *E. affinis*, доминировали копеподы *Acartia tonsa* и *C. aquaedulcis*. В меропланктоне наряду с личинками усонюгих раков отмечены зоеа десятиногих раков и личинки полихет. Фауна ветвистоусых раков наиболее разнообразно представлена в восточном районе, где была заметна популяция *B. longirostris*, в западном районе – *P. trigona*. Во время интенсивного «цветения» воды токсичной синезеленой водорослью *Microcystis aeruginosa* в центральном районе залива наблюдали крайне низкую биомассу зоопланктона – 0.016 г/м³. В июле продолжали сохраняться высокие биомассы ракообразных *A. tonsa*, *E. affinis*, *C. aquaedulcis* и коловраток *A. priodonta*, *B. quadridentatus*, *B. calyciflorus*. Существенно возросла биомасса личинок двустворчатых моллюсков, ветвистоусых раков *B. longirostris* и *Diaphanosona brachyurum*. В более эвтрофном восточном и центральном районах биомасса зоопланктона в среднем была в 7–10 раз выше по сравнению с западным. Ее максимальные значения достигали 1.4–2.2 г/м³. В августе и сентябре под прессом пелагического хищника *M. leidy* в западном и центральном районах биомасса упала до 0.15–0.2 г/м³. Зоопланктон был беден и состоял главным образом из коловраток и *A. tonsa*. В восточном районе, где имелся лимитирующий для гребневика барьер солености (2.5–3‰), наблюдали размножение веслоногих раков *C. aquaedulcis*, *H. caspia*, *E. affinis*, ветвистоусых раков и коловраток *B. calyciflorus*, *Bipalpus hudsoni*.

7.2. Темрюкский залив

В 2005–2006, 2010 гг. обнаружено 56 таксономических форм зоопланктона: 26 – Ciliophora, включая 7 – Tintinnida, 13 – Rotifera, 1 – Stenophora, 2 – Cladocera, 21 – Copepoda, 19 – меропланктона. В сезонном цикле развития инфузорий выявлено два пика биомассы – весной (0.45 г/м^3) и более выраженный летом (0.9 г/м^3), в зоопланктоне – один весенний пик (3.7 г/м^3). Суммарная доля голопланктона и меропланктона в общей биомассе зоопланктона в среднем достигала 70% и оценивалась максимальной для Азовского моря величиной (1.3 г/м^3). Состав зоопланктона во многом был обусловлен его связью с рекой Кубань. Более 55% биомассы составляли морские и солоновато-водные коловратки рода *Synchaeta* и *A. priodonta*. Наиболее обильные личинки усоногих ракообразных *A. improvisus* создавали до 30% биомассы зоопланктона. Сообщества инфузорий и сетного зоопланктона (голо-, меропланктона) в заливе формировались в соответствии с фазами развития сообществ пелагиали. В мае доминировал голо-, меропланктон (соотношение биомасс инфузорий и зоопланктона 1 : 8), в миксотрофную фазу (август–сентябрь) возрастала роль инфузорий (8 : 1).

Инфузории. Комплекс доминантных видов состоял из *Mesodinium rubrum*, *M. pulex*, *Halteria grandinella*, *Strombidium conicoides*, *Strombidium*. sp. 1,2, *Strobilidium* sp., *Loxmaniella oviformis* и *Tintinnopsis minuta*. Развитие планктонного сообщества в марте определялось интенсивным «цветением» воды диатомовыми водорослями (Ясакова, 2007). Биомасса инфузорий в среднем составляла 0.19 г/м^3 (11% суммарного обилия зоопланктона). Доминировали раковинные инфузории, которые достигали около 70–80% биомассы цилиат. Доля алорикатных форм родов *Strombidium*, *Strobilidium*, *Didinium*, *Askenasia* и *Urotricha* была невелика. В мае на фоне деградации весеннего диатомового «цветения» воды отмечен подъем биомассы инфузорий до 0.45 г/м^3 . Наряду с инфузориями-фитофагами (крупными стромбидиумами и тинтиннидами) стала заметна роль мелких инфузорий *M. rubrum* и *M. pulex* (20–25%). В портовых водах, где интенсивно развивались хищные коловратки *A. priodonta* и токсичные синезеленые водоросли *M. aeruginosa*, отмечено более слабое развитие инфузорий. В июне уровень биомассы инфузорий не претерпел существенных изменений. Однако наряду с фитофагами заметно возросла роль (70%) бактериофагов (мелких стромбидиумов, стробилидиумов, *Loxmaniella oviformis* и халтериид), перитрих и *M. rubra*. Резкий подъем биомассы *M. rubra* до 0.5 г/м^3 наблюдали в водах порта, которые были охвачены «цветением» синезелеными водорослями. На этих водорослях развивались эпибионтные перитрихи *Vorticella anabaena*. Высокая плотность синезеленых водорослей, по видимому, содействовала размножению инфузории *Coleps hirtus*. В августе – середине сентября отмечен максимальный пик биомассы инфузорий до 0.9 г/м^3 . Инфузории были представлены *M. rubrum* и мелкими подвижными формами родов *Strombidium* и *Strobilidium*, многие из которых находились на стадии деления. Образовав в эти месяцы 60–80% биомассы зоопланктона, инфузории доминировали (1.5 г/м^3) в более эвтрофных портовых водах. На мористых станциях, где воды «цвели» динофитовой водорослью *Prorocentrum micans* (1 млн кл./л), наряду с олиготрихидами и видами сем. Didiniidae были заметны

тинтинниды *Tintinnopsis subacuta*, *T. cylindrica*, *T. baltica* и *T. minuta*. В ноябре биомасса инфузорий и снизилась до 0.2 г/м^3 стала сопоставимой с биомассой зоопланктона. Отмечены *M. rubrum*, *T. lobiancoi*, разнообразные мелкие стромбидиумы и стробилидиумы.

Голопланктон, меропланктон. В марте биомасса голопланктона достигала 1.6 г/м^3 , 93% которой формировали коловратки рода *Synchaeta*. Коловратки *A. priodonta* развивались в портовых водах, населенных зелеными и синезелеными водорослями. В мае за счет увеличения численности коловраток синхет, аспланхны (70%) и личинок усоногих раков *A. improvisus* (27%) биомасса зоопланктона возросла до 3.7 г/м^3 . Коловратки, пресноводные ветвистоусые раки *B. longirostris*, циклопиды и личинки двустворчатых моллюсков локализовались в более распресненном портовом районе Темрюкского залива. В июне численность хищной аспланхны уменьшилась и биомасса зоопланктона стала ниже (2 г/м^3). Наряду с коловратками синхетами, личинками балянусов (86% суммарной биомассы зоопланктона) стали заметны копеподы. Среди них доминировала *A. tonsa* (0.3 г/м^3). С удалением от порта наблюдали увеличение обилия морских видов копепод, кладоцер *P. polyphemoides* и личинок двустворчатых моллюсков. Однако их биомасса была невысока (в сумме 0.2 г/м^3). В августе под прессом хищного гребневика *M. leidy* отмечено резкое снижение биомассы голо- и меропланктона до 0.12 г/м^3 . В сентябре она едва достигала 0.06 г/м^3 . Единично найдены *A. tonsa*, циклопидные копеподы, коловратки, личинки усоногих раков и полихет. В ноябре размножение большинства организмов голо-, меропланктона и хищного гребневика в Азовском море шло на спад. Копеподы *A. tonsa*, *C. ponticus*, личинки усоногих раков, полихет, брюхоногих и двустворчатых моллюсков были единичны. Гребневик не обнаружен. Зоопланктон на 85–90% состоял из коловраток синхет.

Полученные результаты показали что, сообщества инфузорий и голо-, меропланктона эстуарной пелагической экосистемы Темрюкского залива формировались в соответствии с фазами развития сообществ пелагиали. В мае доминировал зоопланктон (соотношение биомасс инфузорий и зоопланктона 1 : 8), в миксотрофную фазу (август–сентябрь) возрастала роль инфузорий (8 : 1).

Глава 8. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ АЗОВСКОГО МОРЯ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО ТИПА

В открытой части Азовского моря в условиях высокого эвтрофирования вод и интенсивного сероводородного заражения донных осадков при отсутствии нормальной пищевой цепи образовалась достаточно стабильная, но трансформированная экосистема. Основной поток энергии экосистеме проходил через микробную пищевую цепь, в которой главную роль играли микрогетеротрофы – бактерии (78.3% потока энергии), ресничные простейшие (8%). Суммарная деструкция ОВ почти в два раза превосходила продукцию фитопланктона. Важным фактором, в значительной степени определяющим характер трансформации экосистемы, ее последующую структуру и низкую

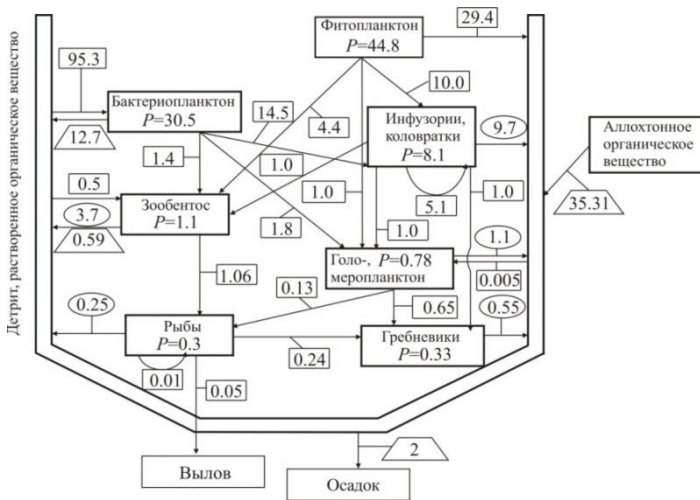


Рисунок 7 – Схема трофической цепи и суточных потоков энергии (кДж/м²) между ее компонентами в экосистеме открытой части Азовского моря

продуктивность наряду с эвтрофикацией и сульфат-редукцией, было воздействие хищного гребневика *M. leidyi*. В пик своего развития гребневик выедал до 83–99% продукции голо- и меропланктона, что приводило к резкой редукции видового состава, биомассы зоопланктона и разрастанию кризисных процессов в экосистеме (рисунок 7). В результате несбалансированности первичной продукции и ее трат гетеротрофами ($P/D = 4.6$) происходило накопление (ОВ) в толще воды и на дне.

Наиболее глубоко трансформированной была гиперэвтрофная экосистема центрального района Таганрогского залива, в которой отмечено разрушение и упрощение животной пищевой цепи – деградирующие изменения в сообществе рыб, зообентоса, зоопланктона (включая планктонных простейших) (рисунок 8а).

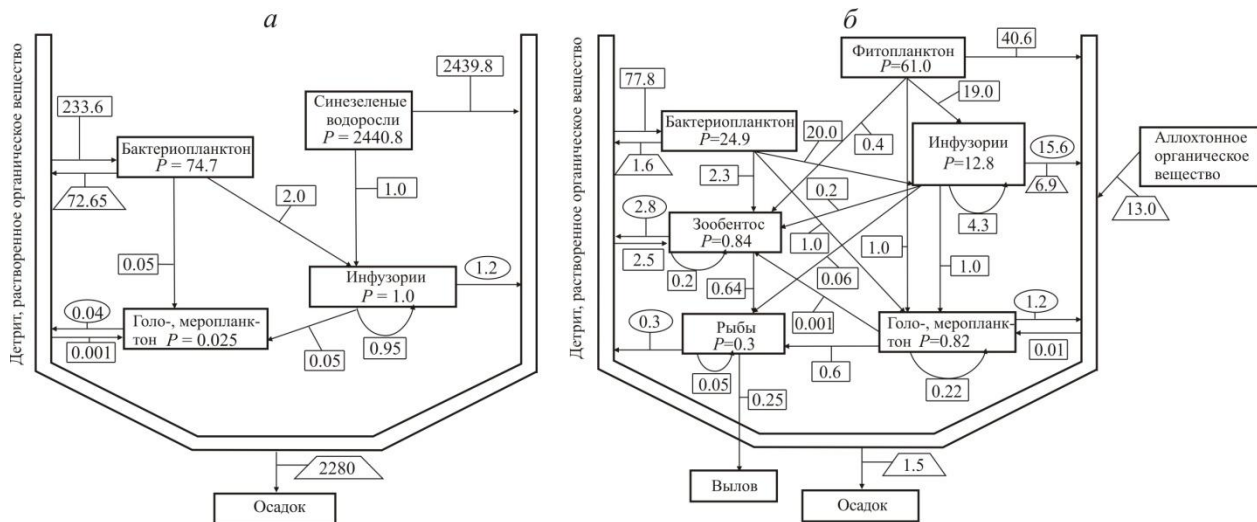


Рисунок 8 – Реконструкция схемы потоков энергии (кДж/м²) в экосистеме центрального района Таганрогского залива в зоне локального цветения синезеленых водорослей (а) и в экосистеме западного района (б) в июне 2003 г.

Метаболизм такой экосистемы осуществлялся в основном за счет миксотрофных синезеленых водорослей и гетеротрофных бактерий (69.5% и 30.35% потока энергии). В экосистеме с нарушенной пищевой цепью ОВ, продуцируемое цианобактериями, фактически не потреблялось, оседало на дно и при деградированном биофильтре вызывало аноксию и сульфатредукцию. В

критическом режиме (при дисбалансе потоков энергии) происходило накопление ОВ в толще воды и на дне. Значительная часть потока энергии в такой экосистеме расходовалась на образование лабильных сульфидов, что усугубляло экологическую обстановку. Экосистема теряла устойчивость, наступала ее глубокая трансформация и энергетический коллапс (элиминация и выпадение звеньев трофической цепи, утрата способности экосистемы к самоочищению).

Для экосистемы западного района Таганрогского залива характерна сложная трофическая сеть с обильным зоопланктоном (рисунок 8б). Большая часть потока в экосистеме проходила через бактериальное звено (69.3% потока энергии) и инфузорий (14%). Деструкция гетеротрофов в 1.2 раза превышала первичную продукцию фитопланктона. При сравнительно небольшой биомассе голо- и меропланктона, угнетенном зообентосе деятельность микрогетеротрофов в пищевой цепи «бактерии – инфузории» оказалась достаточной для эффективного метаболизма экосистемы западного района. Здесь, наряду с гетеротрофным бактериопланктоном, интенсивно развивались инфузории, в частности раковинные инфузории *Tintinnida*, естественные потребители фитопланктона. Их продукция и метаболизм более чем в 3–6 раз превышали таковые показатели голо-, меропланктона, зообентоса и рыб. Только благодаря этим организмам экосистема не испытывала полного коллапса в период экологических катастроф, вызванных «гиперцветением» воды синезелеными водорослями.

Хищный гребневик *M. leidy* – эстуарная форма, дающая высокую численность при солености до 3.5-4‰. Массовое развитие *M. leidy* приурочено

к центральному и западному районам, где по оценкам (Гребневик..., 2000) его среднегодовалая биомасса более, чем в 2 раза выше аналогичных показателей открытой части Азовского моря. Отсутствие существенных различий в распределении биомассы гребневика в Таганрогском заливе (Гребневик..., 2000) дает нам возможность рассматривать западный и центральный районы как единую экосистему (рисунок 9). В период массового развития гребневика (август-сентябрь) доля первопищи (фитопланктон и бактерии) в биомассе изучаемой экосистемы достигает 75%, при этом > 80% общего потока энергии проходит через микробную пищевую цепь. Продукты метабо-

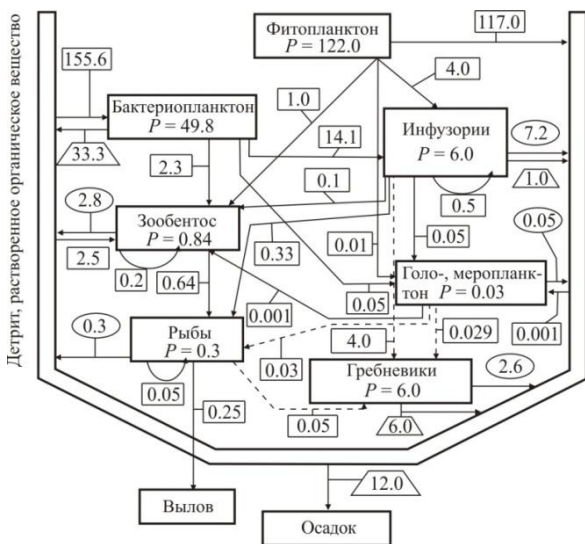


Рисунок 9 – Реконструкция схемы потоков энергии (кДж/м²) в экосистеме центрального и западного районов Таганрогского залива при массовом развитии гребневика *Mnemiopsis leidy* (август-сентябрь 2003 г.)

лизма гребневика (выделение слизи с поверхности тела) создают благоприятные условия для развития микрогетеротрофов, в первую очередь бактериального сообщества (Шиганова, 2009), биомасса которого в заливе достигала ≥ 2 г/м³. В фитопланктоне господствовали диатомовые водоросли родов *Leptocylindrus*, *Skeletonema costatum*, зеленые нитчатые формы, синезеленые *M. aeruginosa* (Макаревич, 2007). Биомасса голо- и меропланктона была крайне низка и соответствовала наблюдаемой нами во время интенсивного «цветения» воды синезелеными водорослями в июне в центральной части залива (см. рисунок 8а). Основной пищей гребневика был метазойный планктон (науплиусы, голо-, меропланктон и мелкие личинки рыб). Согласно модельным расчетам в пик своего развития гребневик выедал до 97% продукции сетного зоопланктона, что приводило к резкой редукции видового состава, биомассы планктонного сообщества и разрастанию кризисных процессов в экосистеме. Только самая ничтожная часть первопищи могла утилизироваться в пищевой цепи почти нацело истребленным голо- и меропланктоном, а его произведенная продукция могла удовлетворить пищевые потребности рыб всего на 2.5%. Эвтрофикация и резкое снижение количества потребителей фитопланктона – одна из главных причин повышения биомассы фитопланктона до уровня «цветения» в Таганрогском заливе. Возможно, гребневик способен использовать в пищу хищную коловратку аспланхну, аккумулирующую в себе большое количество потребленных ракообразных, а также прочих более мелких организмов, включая инфузорий, налипающих на слизь его лопастей. Существенно и то, что в условиях его массового развития происходило депрессирование популяций пелагофильных видов рыб вследствие ухудшения кормовой базы. Гребневик фактически полностью выедал планктонный биофильтр, тем самым, снижал самоочистительную способность экосистемы, а продукты его жизнедеятельности способствовали интенсификации сульфатредукции в донных осадках и нарастанию заморных явлений.

Для гиперэвтрофной пелагической экосистемы Темрюкского залива характерно развитие сверхплотных сообществ ресничных простейших и преимущественных детритофагов в отдельные периоды вегетационного сезона. Тем не менее, метаболизм этой своеобразной экосистемы оставался весьма интенсивным за счет интенсивного развития сообщества гетеротрофов. Коловратки и личинки *A. improvisus* при биомассе 3.7 г/м³ усваивали и включали в круговорот 1.6 г/м³ первопищи, что предотвращало формирование устойчивых токсичных цветений (рисунок 10а). Уникальность эстуарной экосистемы состояла в том, что метазойный планктон являлся важным компонентом экосистемы. Его доля в деструкции ОВ достигала 6.5%. В период наибольшего прогрева вод под воздействием гребневика в экосистеме отмечена элиминация высших звеньев трофической цепи (планктонные фильтраторы) (рисунок 10б). Первичная продукция фитопланктона незначительно превосходила суммарную деструкцию ОВ гетеротрофами (P/D = 1.05).

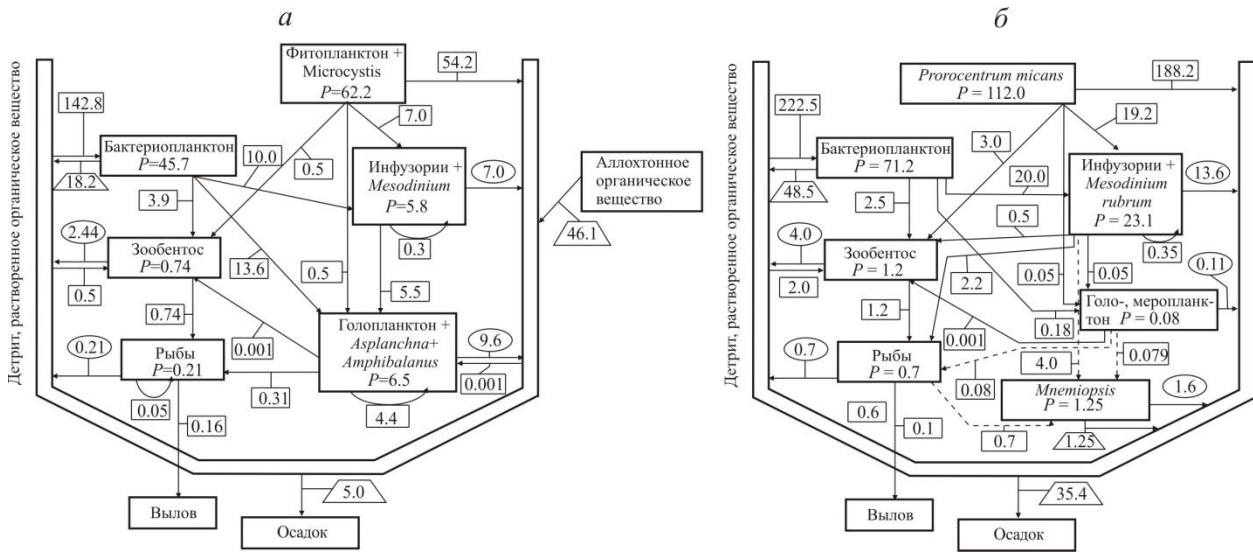


Рисунок 10 – Схема трофической цепи и суточных потоков энергии (кДж/м²) между ее компонентами в экосистеме Темрюкского залива в мае 2006 г. во время интенсивного развития колеровок и личинок усонюгих раков (а) и в августе, когда хищный гребневик *Mnemiopsis leidyi* оказывает повреждающее воздействие на экосистему (б).

В таких условиях могло иметь место органическое самозагрязнение экосистемы. Однако процессы накопления энергии автотрофами и ее растрачивания гетеротрофами были сбалансированы, что сдерживало развитие кризисных процессов. Там, где голо-, меропланктон мог существовать с трудом инфузории, потребляли и минерализовали значительное количество первопищи. При максимальной биомассе 0.9 г/м³ инфузории включали в круговорот ~2.0 г/(м³ · сут) бактерий и микроводорослей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ модельных потоков энергии в экосистемах разного трофического типа показал, что экосистемы прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря находятся в состоянии различной степени трансформации и деградации, зависящих от уровня антропогенной нагрузки и берегового стока.

В экосистемах Геленджикской и Анапской бухт с высоким уровнем рекреации сохранилась нормальная пищевая цепь, включая зообентос и макрофиты. Экосистема открытого Таманского порта с интенсивным водообменом являлась основой нормальных портовых экосистем. В экосистемах полузакрытых портов Новороссийска, Туапсе, Сочи и лимана «Змеиное озеро» показано угнетенное состояние зообентоса рыхлых грунтов (многощетинковые черви, нематоды). Главным функциональным компонентом в исследованных экосистемах являлись микрогетеротрофы (бактерии и простейшие). Большая часть потока энергии в экосистемах проходила через бактериальное звено (78–88% потока энергии) и инфузорий (< 12–22%). Биологические сообщества сохраняли высокий потенциал самоочищения и

вполне справлялись с деструкционной переработкой поступающего в них избыточного ОВ.

В Азовском море в условиях высокого эвтрофирования вод, интенсивного сероводородного заражения донных осадков, и пресса хищного гребневика *Mnemiopsis leidy* образовалась достаточно стабильная, но трансформированная экосистема. Главным функциональным компонентом в экосистеме с угнетенным зоопланктоном и зообентосом являлись микрогетеротрофы. Деструкцию ОВ на 70–80% осуществляло бактериальное сообщество, инфузории – 5.3–14%. В метаболизме экосистемы Темрюкского залива в отдельные периоды возрастала роль голо-, меропланктона (коловратки и личинки балянусов), западного района Таганрогского залива – раковинных инфузорий. Наиболее глубоко трансформированной следует считать гиперэвтрофную экосистему центрального района Таганрогского залива с практически полностью разрушенной животной пищевой цепью (деградация зообентоса, зоопланктона, заморы рыб). Ключевыми компонентами такой экосистемы были миксотрофные синезеленые водоросли и гетеротрофные бактерии (69.5% и 30.35% потока энергии соответственно).

2. В основе антропогенной трансформации изученных экосистем лежала деградация высших звеньев трофической цепи в пелагиали и бентали, которая происходила на фоне резкого возрастания численности инфузорий и их роли в суммарном метаболизме экосистемы. Кризисные процессы в экосистемах разрастались под воздействием лабильных сульфидов в донных осадках и гребневика *M. leidy*. Продукционно-деструкционные функции донных сообществ перераспределялись к планктонным, и экосистемы функционировали на уровне микрогетеротрофов (бактерии, простейшие).

3. В прибрежных водах северо-восточного шельфа Черного моря зарегистрировано 211 таксономических форм, зоофлагеллят – 10, инфузорий – 54 (31 не указана ранее для региона), голопланктона – 36 (1 таксономическая форма не указана ранее для региона), меропланктона – 78 (49 не указано ранее для региона), ихтиопланктона – 33. В составе зообентоса рыхлых грунтов заливов и бухт Новороссийска, Туапсе, Сочи, Тамани, Анапы и лимана «Змеиное озеро» – 62 таксономические формы (2 не указаны ранее для региона). В Азовском море обнаружено 116 таксономических форм зоопланктона: инфузорий – 26, голопланктона – 64 (1 не указана ранее для региона), меропланктона – 26 (16 не указаны ранее для региона).

4. Основными «группами риска» инвазий с водяным балластом в северо-восточную часть Черного моря являются раковинные инфузории, веслоногие раки и многощетинковые черви, среди которых установлено шесть инвазивных видов – *Tintinnopsis directa*, *T. tocantinensis*, *Amphorellopsis acuta* (Ciliata: Tintinnida), *Oithona davisae* (Copepoda: Cyclopoida), *Polydora cornuta*, *Streblospio gynobranchiata* (Polychaeta: Spionidae), в Азовском море – *O. davisae*. Выявлено, что основной риск бионвазий представляют воды, поступающие из морей средиземноморья.

5. Показаны конструктивные изменения в неритических сообществах северо-восточной части Черного моря. В многолетней динамике экосистем заливов и бухт выявлено снижение пресса хищного гребневика *M. leidyi*, гетеротрофной ноктилюки и восстановление обилия голо-, меропланктона до уровня благополучных 1960–1970 гг., ихтиопланктона – до уровня 1980-х гг. Отмечен осенний максимум биомассы голопланктона, отсутствующий в 1990-е гг., многократное возрастание численности ранее редких олиготрофных форм Copepoda и Cladocera, а также обычных черноморских видов – *Pleopis polyphemoides*, акарций, парасагитты, аппендикулярии и натурализовавшихся циклопоидных копепод *Oithona davisae*.

6. Впервые выполнен многолетний мониторинг меропланктона, охватывающий весь таксономический комплекс. В заливах и бухтах северо-восточного шельфа Черного моря отмечены личинки нового вида полихет *Polydora cornuta*. Выделены сезонные комплексы доминантных видов. Основу пула меропланктона составляли виды, толерантные к загрязнению донных осадков. Межгодовая динамика численности меропланктона отличалась значительной вариабельностью. Отмечено влияние температуры воды, сгонно-нагонных явлений, эвтрофирования вод и хищников на плотность и распределение меропланктона. В Азовском море большинство личинок донных животных в условиях антропогенного стресса и подавленности хищниками не могло завершить метаморфоз и внести свой вклад в пополнение материнских популяций.

7. В водах портов северо-восточного шельфа и Керченском проливе преобладал монодоминантный ихтиопланктонный комплекс, за пределами портов и курортов – полидоминантный комплекс. Реакция ихтиопланктона на стресс в загрязненных водах проявлялась в высокой гибели и низком обилии икринок и личинок. Наиболее благополучной по состоянию ихтиопланктона являлась открытая часть Новороссийской бухты. В водах курортов и открытой части Новороссийской бухты отмечено увеличение численности икры и личинок редких и охраняемых видов рыб.

8. В районах курортов северо-восточной части Черного моря выявлены признаки увеличения трофического уровня вод по гетеротрофному бактериопланктону. Рост численности микрогетеротрофов (бактерий, зоофлагеллят, инфузорий) приходился на лето-осень. Периоды максимального развития зоофлагеллят совпадали с наибольшей численностью бактерий, но чаще предшествовали ей. Численность инфузорий регулировалась обеспеченностью трофическими ресурсами – «контроль снизу» и прессом консументов – «контроль сверху». Соотношение раковинных инфузорий к общему количеству инфузорий в водах крупных портов увеличилось в 5 раз и достигло 25–40%.

9. Показаны деградирующие изменения в сообществе голо-, меропланктона Азовского моря под воздействием «возмущающих факторов» – пресса хищного гребневика *M. leidyi* и эвтрофирования вод. Выявлено наличие пика зоопланктона весной – в начале лета. В наиболее продуктивный месяц

года – июнь в голопланктоне отмечено незначительное количество структурообразующих видов. Наибольшего обилия июньский зоопланктон достигал в северо-восточном районе Азовского моря, Темрюкском заливе и западной части Таганрогского залива. Максимальную численность голопланктона формировали организмы с короткими и простыми жизненными циклами – коловратки рода *Synchaeta* и хищная форма *Asplanchna priodonta*.

10. По отношению к солености в Азовском море выделено несколько фаунистических комплексов копепод. Морской эвригалинный вид *Acartia tonsa* отмечен практически повсеместно, исключая наиболее опресненные эстуарные участки рек. Пресноводные эвригалинные *Cyclopoidea* и морские эвригалинные *Naupacticoidea* формировали облик эстуарного населения заливов. Из морских видов, отмеченных в Керченском проливе только *Centropages ponticus* образовывал скопления в центральной части моря и проникал в Азовское море до изогалины 7‰. Из эвригалинных видов *Calanipeda aquadulcis* встречался повсеместно, *Eurytemora affinis* образовывал скопления в Таганрогском и Темрюкском заливах. Стеногалинный вид *Heterocope caspia* имел ограниченный ареал – Таганрогский залив.

11. Уточнены представления о взаимоотношениях между инфузориями, голо-, меропланктоном в ходе сукцессионных изменений их структуры в экосистеме Темрюкского залива. В мае соотношение биомассы инфузорий и зоопланктона (коловратки, личинки баянусов) находилось в пределах 1 : 8, в августе–сентябре за счет выедания зоопланктона гребневиком *M.leidy* и возрастания роли инфузорий имело обратный порядок – 8 : 1.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Публикации списка ВАК

1. **Selifonova, Zh.P.** Marine biological invasions in the Liman «Zmeinoe Ozero» (Snake Lake) ecosystem, the north-eastern Black Sea // ЖМВА – 2015. – Vol. – 95. – № 3 – P. 453–459.
2. **Селифонова, Ж.П.** Гетеротрофные бактерии, зоофлагелляты и инфузории прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря // Биол. внутренних вод. – 2014. – № 3. – С. 45–53.
3. **Селифонова, Ж.П.** Голопланктон акваторий курортных городов северо-восточной части Черного моря // Бюллетень МОИП. Отд. Биол. – 2014. – Т. 119. – Вып. 1. – С. 39–50.
4. Radashevsky, V.I. Records of *Polydora cornuta* and *Streblospio gynobranchiata* (Annelida, Spionidae) from the Black Sea / V.I. Radashevsky, **Zh.P.Selifonova** // Med. Mar. Sci. – 2013. – Vol. 14. – № 2. – P. 261–269.
5. **Селифонова, Ж.П.** Состояние таксоцена веслоногих раков (Copepoda) в Азовском море // Вестн. зоологии. – 2013. – Т. 47. – №. 5. – С. 221–230.
6. **Селифонова, Ж.П.** Зообентос портовых акваторий северо-восточного шельфа Черного моря и его связь с загрязнением донных осадков / **Ж.П.Селифонова, В.К.Часовников** // Вода: химия и экология. – 2013. – № 1. – С. 79–86.

7. **Селифонова, Ж.П.** Таксономический состав и сезонная динамика меропланктона прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря // Биол. моря. – 2012. – Т. 38. – № 1. – С. 3–10.
8. **Селифонова, Ж.П.** Ихтиопланктон прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря и Керченского пролива // Вопр. ихтиологии. – 2012. – Т. 52. – №. 4. – С. 423–431.
9. **Селифонова, Ж.П.** Структурно-функциональная организация экосистем акваторий черноморских портов Новороссийска и Туапсе // Докл. АН. – 2012. – Т. 447. – № 1. – С.110–113.
10. **Селифонова, Ж.П.** Фитопланктон акваторий портовых городов северо-восточного шельфа Черного моря / **Ж.П. Селифонова, О.Н. Ясакова** // Морськ. екологічн. журн. – 2012. – Т 11. – № 4. – С. 67–77.
11. **Селифонова, Ж.П.** Вертикальная структура фито- и зоопланктона в северо-восточной части Черного моря (район Геленджика) /**Ж.П. Селифонова, О.Н Ясакова** // Бюллетень МОИП. Отд. Биол. – 2012. – Т. 117. – № 5. – С. 31–38.
12. **Selifonova, Zh.P.** New species of ciliates *Tintinnopsis tocaninensis* Kofoid & Campbell, 1929 (Ciliophora: Spirotrichea: Tintinnida) in the Black Sea // Rossiiskii Zhurnal Biologicheskikh Invasii. – 2012. – Vol. 3. – №. 1. – P. 49–51.
13. **Selifonova, Zh.P.** Seasonal dynamics of micro- and mesoplankton of the Temruyk estuarial pelagic ecosystem of the Sea of Azov // Inland water biology. – 2011. – Vol. 4. – № 2. – P. 182–191.
14. **Selifonova, J.P.** Ships'ballast as a Primary Factor for «Mediterranization» of pelagic copepod fauna (Copepoda) in the northeastern Black Sea // Acta zool. Bulg. – 2011. – Vol. 63. – № 1. – P. 81–87.
15. **Селифонова, Ж.П.** Обнаружение *Polydora cornuta* Bosc, 1802 (Polychaeta: Spionidae) в акватории Туапсинского порта (Черное море, российский сектор) // Морськ. екологічн. журн. – 2011. – Т 10. – № 2. – С. 26.
16. **Selifonova Zh.P.** *Oithona brevicornis* Giesbrecht (Copepoda: Cyclopoida), Invader into the Black Sea and in the Sea of Azov // Rossiiskii Zhurnal Biologicheskikh Invasii. – 2011. – №. 2. –P. 145–150.
17. **Селифонова, Ж.П.** *Amphorellopsis acuta* (Ciliophora: Spirotrichea: Tintinnida) – новый вид тинтинид в Черном море // Морськ. екологічн. журн. – 2011. – Т. 10. – № 1. – С. 85.
18. Звягинцев, А.Ю. Гидробиологические исследования балластных вод коммерческих судов в портах Новороссийска и Владивостока / А.Ю.Звягинцев, **Ж.П.Селифонова** // Океанология. – 2010. – Т. 50. – № 6. – С. 925–933.
19. **Селифонова, Ж.П.** Роль зоопланктона в функционировании экосистемы Таганрогского залива Азовского моря // Биол. внутренних вод. – 2010. – № 3. – С. 45–53.
20. **Селифонова, Ж.П.** О медитерранизации фауны веслоногих раков (Copepoda) Черного моря / **Ж.П. Селифонова, А.А. Шмелева** // Бюллетень МОИП. Отд. биол. – 2010. – Т. 115. – №. 1. – С. 58–62.
21. **Селифонова, Ж.П.** *Oithona brevicornis* Giesbrecht (Copepoda: Cyclopoida) в зоопланктоне портов северо-восточного шельфа Черного моря // Биол. внутрен. вод. – 2009. – № 1. – С. 33–35.
22. **Селифонова, Ж.П.** Морские биоинвазии в водах Новороссийского порта Черного моря // Биол. моря. – 2009. – Т. 35. – № 3. – С. 212–219.
23. **Selifonova, Zh.P.** The Ecosystem of the Black Sea port of Novorossiysk under conditions of heavy anthropogenic pollution // Rus. Journal of Ecology. – 2009. – Vol. 40. – №. 7. – P. 510–515.
24. **Селифонова, Ж.П.** Макрозообентос Новороссийского порта как показатель экологической ситуации / **Ж.П.Селифонова, А.А.Кондаков, Е.П.Коваленко, С.В.Бирюкова** // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2009. – Т. 114. – № 3. – С. 43–49.

25. **Селифонова, Ж.П.** Функционирование экосистемы Азовского моря // Биол. внутренних вод. 2008. – № 3. – С. 3–7.
26. Матишов, Г.Г. Новые аспекты научно-методических основ контроля судового водяного балласта в портах / Г.Г.Матишов, **Ж.П. Селифонова** // Докл. АН. – 2008. – Т. 422. – № 4. – С. 571–573.
27. **Селифонова, Ж.П.** Таксономический состав и межгодовые изменения численности меропланктона Азовского моря // Биол. моря. – 2008. – Т. 34. – № 5. – С. 263–269.
28. **Selifonova, J.P.** Study of Copepod Species from the Western Black Sea in the Cruise r/v “Knorr” during May-June 2001 / **J.P.Selifonova**, A.A. Shmeleva, A.E. Kideys // Acta zool. Bulg. – 2008. – Vol. 60. – № 3. – P. 305–309.
29. Мурина В.В. Находка многощетинкового червя *Streblospio* sp. (Polychaeta: Spionidae) в Новороссийском порту Черного моря / В.В.Мурина, **Ж.П.Селифонова**, В.Ф.Мельник // Морськ. екологічн. журн, – 2008. – Т. 7. – № 1. – С. 46.
30. Ясакова, О.Н. Новый компактный замыкатель для вертикальных замыкающихся мезопланктонных сетей / О.Н. Ясакова, **Ж.П.Селифонова** // Океанология. – 2007. – Т. 47. – № 4. – С. 631–632.
31. **Селифонова, Ж.П.** Изучение фауны веслоногих раков Новороссийской бухты Черного моря и Азовского моря / **Ж.П. Селифонова**, А.А. Шмелева // Гидробиол. журн. – 2007. – Т. 43. – № 5. – С. 27–35.
32. Матишов, Г.Г. Опыт контроля водяного балласта торговых судов в Новороссийском порту / Г.Г.Матишов, **Ж.П. Селифонова** // Вестник ЮНЦ. – 2006. – Т. 2. – № 3. – С. 62–64.
33. **Selifonova, J.P.** Taxonomic Composition and Distribution of Meroplankton in the Novorossiysk Bay of the Black Sea. // Acta zool. Bulg. – 2006. – Vol. 58. – № 3. – P. 387–394.
34. **Selifonova, J.P.** Copepods composition and biomass in the Sea of Azov during 2003 // Acta zool. bulgarica. – 2006. – Vol. 58. – № 1. – P. 117–124.
35. Timofeev, S.F. Euphausiid larvae in the ballast waters of commercial ships: evidence for a possibility for biological invasion / S.F.Timofeev, **Zh.P.Selifonova** // Crustaceana. – 2005. – Vol. 78. – № 11. – P. 1395–1398.
36. **Selifonova, J.P.** The impact of invaders ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A.Agassiz and *Beroe ovata* Mayor on zooplankton of the Novorossiysk Bay of the Black Sea / **J.P.Selifonova**, A. V.Zhilenkov // Acta zool. Bulg. – 2004. – Vol.56. – №. 1. – P. 83–91.

Монографии, учебно-методические пособия

37. **Селифонова, Ж.П.** Прибрежные экосистемы северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря: монография. – Новороссийск: ГМУ им. адм Ф.Ф.Ушакова, 2014. – 170 с.
38. **Селифонова, Ж.П.** Экосистемы акваторий черноморских портов Новороссийска и Туапсе: монография / под. ред. Г.Г. Матишова.– СПб.: Наука, 2012. – 228 с.
39. **Селифонова, Ж.П.** Контроль и управление судовыми балластными водами (учебн. пособие). – Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2011. – 54 с.
40. **Селифонова, Ж.П.** Контроль судовых балластных вод как метод предотвращения биологического загрязнения морской среды (метод. пособие). – Апатиты: КНЦ РАН, 2010. – 87 с.

Прочие публикации

41. **Селифонова, Ж.П.** Гидробиологический мониторинг морских портов и строящихся перегрузочных комплексов Таманского причерноморья и Керченского пролива // Вестник ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова. – 2014. – № 1. – С. 55–58.
42. **Селифонова, Ж.П.** Состояние прибрежных морских экосистем северо-восточного шельфа Черного моря // Комплексные исследования больших морских экосистем России /

Ж.П.Селифонова, Ю.И.Сорокин, В.К.Часовников, О.Н.Ясакова. – Апатиты: КНЦ РАН, 2011. – С. 389–398.

43. **Селифонова, Ж.П.** Мониторинг ихтиопланктона в Новороссийском порту Черного моря // Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России: Сборник научных статей / Гл. ред. Г.Г. Матишов. – Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2010. – С. 258–264.

44. Звягинцев, А.Ю. Исследования балластных вод коммерческих судов в морских портах России / А.Ю.Звягинцев, **Ж.П.Селифонова** // Рос. журн. биол. инвазий. – 2008. – № 2. – С. 22–33.

45. **Селифонова, Ж.П.** Планктон портовой акватории Новороссийской бухты Черного моря в условиях антропогенного эвтрофирования вод. Мери- и голопланктон // Экосистемные исследования Азовского, Черного, Каспийского морей и их побережий. – Апатиты: КНЦ РАН, 2007. – Т. 9. – С. 101–107.

46. **Селифонова Ж.П.** Протозойный планктон Новороссийского порта как компонент сообществ, испытывающих антропогенный стресс // Системы контроля окружающей среды. Средства, модели и мониторинг. – Севастополь: МГИ: НАН Украины, 2007. – С. 330–334.

47. **Селифонова, Ж.П.** Изменчивость структуры фито- и зоопланктона в Туапсинской бухте Черного моря под воздействием хронического нефтяного загрязнения // Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем юга России / **Ж.П.Селифонова**, О.Н.Ясакова. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ, 2006. – С. 518–529.

48. **Селифонова, Ж.П.** Основные результаты исследования зоопланктона Азовского моря. // Океанологические и биологические исследования арктических и южных морей России (к 70-летию Мурманского морского биологического института): сборник статей. – Апатиты: КНЦ РАН, 2006. – С. 242–251.

49. Ясакова, О.Н. Видовой состав и количественное распределение фитопланктона в бухтах северо-восточного шельфа Черного моря. // Экосистемные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей: сборник статей / О.Н. Ясакова, **Ж.П.Селифонова**. – Апатиты: КНЦ РАН, 2006. – Т. 8. – С. 81–90.

50. **Селифонова, Ж.П.** Планктон Новороссийской бухты Черного моря в июле 2005г.: таксономический состав, биомасса и их связь с гидрохимической структурой вод // Экосистемные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей / **Ж.П.Селифонова**, Е.В.Якушев, В.К.Часовников, О.Н.Ясакова, Е.А.Антипова. – Апатиты: КНЦ РАН, 2006. – Т. 8. – С. 90–103.

51. Матишов, Г.Г. Исследование водяного балласта в порту Новороссийск и некоторые аспекты биологического загрязнения Черного моря // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива / Г.Г.Матишов, **Ж.П. Селифонова**, В.В.Ерыгин, В.В.Ерохин, В.С.Бердников. – Апатиты, 2005. – Т. 7. – С.131–142.

52. **Селифонова, Ж.П.** Мериопланктон Азовского моря в июне 2003 г. // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива. – Апатиты: ММБИ. 2005. – Т. 7. – С.127–131.