



Серия: «Экология и природные ресурсы»

**ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО
ЗАЛИВА, МОРЕПОЛЬЗОВАНИЕ,
ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ И
ИЗДЕРЖКИ**

КНИГА 1

**РАЗРАБОТКА ОСНОВ ЦЕЛЕВОГО
МОНИТОРИНГА, СОСТОЯНИЕ КЛЮЧЕВЫХ
ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И КОМПОНЕНТОВ
ВОДНОЙ БИОТЫ ФИНСКОГО ЗАЛИВА
В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ
УСЛОВИЯХ В 2019–2023 ГОДАХ**

Коллективная монография

**Санкт-Петербург
2024**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Серия «Экология и природные ресурсы»

**ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА,
МОРЕПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОСИСТЕМНЫЕ
УСЛУГИ И ИЗДЕРЖКИ**

В двух книгах

Книга 1

**РАЗРАБОТКА ОСНОВ ЦЕЛЕВОГО МОНИТОРИНГА,
СОСТОЯНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
И КОМПОНЕНТОВ ВОДНОЙ БИОТЫ ФИНСКОГО
ЗАЛИВА В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ
УСЛОВИЯХ В 2019–2023 ГОДАХ**

Коллективная монография

*Под общей редакцией
доктора биологических наук М.И. Орловой,
кандидата биологических наук Л.А. Джапаридзе*

ИЗДАТЕЛЬСТВО
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2024

*Выпуск рекомендован к изданию решением Учёного совета СПбНЦ РАН,
Протокол №2 от 24.06.2024*

ББК 20.18
ГРНТИ 06.71.63
П77

П77 Природные комплексы восточной части Финского залива, морепользование, экосистемные услуги и издержки. В двух книгах. Книга 1. Разработка основ целевого мониторинга, состояние ключевых видов деятельности и компонентов водной биоты Финского залива в естественных и техногенных условиях в 2019–2023 годах под общей ред. д-ра биол. наук **М.И. Орловой**, канд. биол. наук **Л.А. Джапаридзе**. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2024. – 431 с. – EDN : RVJFHR.

ISBN 978-5-7310-6433-0 (книга 1)
ISBN 978-5-7310-6432-3

Монография посвящена вопросам экологии Финского залива в части взаимодействия человека и природы. Она подготовлена на основе комплексных научно-исследовательских работ, выполненных в рамках Государственного задания СПбНЦ РАН, а также благодаря финансовой поддержке проектов отечественных и международных программ исследований восточной части Финского залива.

Книга адресована широкому кругу научных работников.

ББК 20.18
ГРНТИ 06.71.63

Авторский коллектив:

Анохин В.М., Беллендир Л.Э., Беляева И.Д., Быстрова Н.Ю., Веревкин М.В., Власов Д.Ю., Войта Л.Л., Говорухин В.П., Дудакова Д.С., Жакова Л.В., Замышляев В.И., Ильина Н.Н., Кляус К.М., Котельникова В.С., Кузьмин В.В., Кулешов А.А., Ланге Е.К., Леонтьев Ф.А., Лятун М.В., Нестерчук А.А., Орлова М.И., Пожарская О.Д., Рыбакин В.Н., Скачкова С.А., Строгова Е.В., Сухачева Л.Л., Упоров В.М., Успенский А.А., Хайтов В.М., Царовцева И.М.

Рецензенты:

к.б.н. **Е.Е. Ежова** (в.н.с., Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН), к.г.-м.н. **Д.В. Рябчук** (в.н.с., заведующая сектором морской геологии, Институт А.П. Карпинского)

ISBN 978-5-7310-6433-0 (книга 1)
ISBN 978-5-7310-6432-3

© СПбНЦ РАН, 2024
© Коллектив авторов, 2024
© Изд-во СПбГЭУ, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ РЕДАКТОРОВ.....	7
ВВЕДЕНИЕ К МОНОГРАФИИ.....	9
ЧАСТЬ 1. ПОНЯТИЯ, ПОДХОДЫ, КОНЦЕПЦИИ, АЛГОРИТМЫ	15
ГЛАВА 1. РАЗРАБОТКА ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ПРОЕКТА	17
ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ И АКТУАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАТИВНОГО ПОДХОДА К СБОРУ БИОЛОГИЧЕСКИХ И СОПУТСТВУЮЩИХ ДАННЫХ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ И ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ	21
2.1. К предыстории разработки подхода в условиях ВЧФЗ.....	22
2.2. Принцип сочетанности интегративного подхода в сборе данных при проведении полевых исследований	23
2.3. Назначение и требования к данным	25
2.4. Сеть наблюдений за донными ключевыми группировками и видами.....	29
2.5. Хранение данных	30
2.6. ГИС-картирование и выбор топографической основы	33
2.7. Применение ГЛБО для выделения элементов донных ландшафтов	36
2.8. Оценка функционирования популяций ключевых видов и экологических группировок	39
2.9. Исследование хозяйственных объектов и хозяйствующих субъектов	39
ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УСЛУГ И ИЗДЕРЖЕК ЭКОСИСТЕМ, ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА КОНЦЕПЦИИ ПРИРОДНОГО КАПИТАЛА.....	43
3.1. Теоретические и концептуальные эколого-экономические исследования, модификация исследовательских подходов в современных условиях	43
3.2. Законодательные инициативы природоохранного характера ведущих экономик мира.....	46
3.3. Концепции общей экономической ценности и экосистемных услуг в российских исследованиях	48
3.4. Недооценка вклада экосистем в благосостояние человечества	50
3.5. Ценность поставок экосистемных услуг.....	51
3.6. Методы оценки ценности в рамках подхода TEV	54
3.7. Экосистемные услуги морей Европы.....	56
3.8. Фармацевтический потенциал морского биоразнообразия	61
ГЛАВА 4. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ЦЕЛЕВОЙ АНТИОБРАСТАТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ	66
4.1. Материалы для разработки алгоритмов и проведения расчётов биозащитной эффективности и экологичности.....	68
4.2. Основные результаты лабораторного исследования, использованные для расчётной и графической оценки защитной эффективности и экологичности.....	75

4.3. Расчет различных характеристик для оценки противообратательной эффективности образцов.....	78
4.4. Расчетная оценка экологичности ЛКП (Э).....	79
4.5. Пример представления расчётных результатов лабораторного тестирования.....	80
4.6. Пример полевого тестирования и представления его результатов.....	81
ЧАСТЬ 2. ПРИРОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ, ОСОБЕННОСТИ И ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА.....	84
ГЛАВА 5. ВЧФЗ КАК ПРИРОДНЫЙ ОБЪЕКТ И ГЕТЕРОГЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОРЕПОЛЬЗОВАНИЯ	86
5.1. Географическое положение и связанные с ним ключевые особенности ВЧФЗ как природного объекта и объекта хозяйственной деятельности в мировом и региональном масштабе.....	89
5.2. О современных тенденциях в трансформации местообитаний и биоты ВЧФЗ, которые могут быть обусловлены ключевыми видами морепользования.....	99
5.3. К вопросу об отнесении ожидаемых и побочных эффектов морепользования к категориям позитивных и негативных	106
ГЛАВА 6. СВОДКА ПО КОМПЛЕКСНОМУ И СПЕЦИФИЧЕСКОМУ АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	113
6.1. Исследование проблемы защиты Санкт-Петербурга от наводнений в условиях климатических изменений и различных видов антропогенных воздействий	114
6.2. Оценка комплексного и специфического антропогенного воздействия на водную и атмосферную среду в Санкт-Петербурге и Ленинградской области	131
6.3. Оценка воздействия на окружающую среду со стороны морских портов, расположенных на побережье восточной части Финского залива	169
6.4. Ядерный кластер южного берега ВЧФЗ: современное состояние, фокус внимания общественности, воздействие на окружающую среду.....	180
6.5. Деятельность, направленная на сохранение природных ресурсов Санкт-Петербурга и Ленинградской области	187
6.6. Анализ планов развития города Санкт-Петербурга и Ленинградской области и оценка влияния их реализации на состояние водной среды акватории восточной части Финского залива	205
ЧАСТЬ 3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ И БИОТЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА ФИНСКОГО ЗАЛИВА: ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, АПРОБАЦИИ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ В 2019-2023 ГГ.....	209
ГЛАВА 7. Полевые исследования ландшафтов мелководья Финского залива с использованием эхолота с функцией локации бокового обзора HUMMINGBIRD SOLIX 10 SI+ G3.....	215

ГЛАВА 8. ПОЛЕВЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУППИРОВОК ОРГАНИЗМОВ ПЕРВОГО ТРОФИЧЕСКОГО УРОВНЯ.....	221
8.1. Характеристика фитопланктона солоноватоводной Липовской протоки (Финский залив, Балтийское море).....	223
8.2. Влияние теплового загрязнения на показатели фитопланктона в зоне ЛАЭС в Копорской губе (Финский залив, Балтийское море).....	232
8.3. Водная и прибрежно-водная растительность южного берега восточной части Финского залива	243
8.4. Исследование методов защиты водоемов бассейна Финского залива с применением многоканальной ультразвуковой установки	275
ГЛАВА 9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППИРОВКИ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ: РАССЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ИСТОЧНИКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ И ИЗДЕРЖЕК.....	280
9.1. Результаты исследований меропланктона – расселительных стадий донных организмов – обрастателей и представителей инфауны.....	281
9.2. Макробентос восточной части Финского залива и значение чужеродных видов в формировании перифитона и инфауны	295
9.3. Гидробионты как источники биопомех, биоповреждений и угроз для здоровья человека, мишени защитных действий при разработке сценариев защиты конструкционных материалов и элементов оборудования гидротехнических сооружений	309
ГЛАВА 10. ПРИБРЕЖНОЕ РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ	331
10.1. Невская губа	331
10.2. Мелководный район.....	332
10.3. Копорская губа	334
10.4. Лужская губа	335
10.5. Нарвский залив.....	337
10.6. Выборгский залив	338
ГЛАВА 11. РЕЗУЛЬТАТЫ АВИАЦИОННОГО УЧЕТА ЛАСТОНОГИХ В ФИНСКОМ ЗАЛИВЕ В 2021 И 2023гг.....	340
11.1. Авиационный учет балтийской кольчатой нерпы (<i>pusa hispida botnica</i>)	340
11.2. Авиационный учет балтийского серого тюленя (<i>Halichoerus grypus macrorhynchus</i>)	348
ГЛАВА 12. РЕДУЦЕНТЫ. ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА МИКРОБНОГО КОМПОНЕНТА БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ФИНСКОГО ЗАЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПРЕСС-МЕТОДИК.....	355
ЧАСТЬ 4. РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ АКВАТОРИЙ И ВОДНОЙ БИОТЫ НА ПРИМЕРЕ ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЭКОСИСТЕМНОЙ УСЛУГИ	362

ГЛАВА 13. КРАТКАЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И КРУПНЕЙШИХ ВОДОТОКОВ, ВПАДАЮЩИХ В НЕГО	362
13.1. Невская губа	364
13.2. Река Нева	367
13.3. Мелководный район Финского залива.....	369
13.4. Копорская губа	372
13.5. Лужская губа	373
13.6. Река Луга	376
13.7. Нарвский залив.....	378
13.8. Река Нарва.....	381
13.9. Выборгский залив	382
ГЛАВА 14. АПРОБАЦИЯ ПОДХОДА К СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКЕ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ АКВАТОРИЙ И ВОДНОЙ БИОТЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА НА ПРИМЕРЕ СПОСОБНОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ФОРМИРОВАТЬ РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ РОСРЫБОЛОВСТВА И ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	391
14.1. Общая характеристика подхода к стоимостной оценке обеспечивающей услуги на основании результатов целевой деятельности бенефициара, состояния природных биологических ресурсов на акватории восточной части Финского залива, обеспечивающих услугу, и степень использования ресурсов.....	392
14.2. Апробация подхода к стоимостной оценке обеспечивающих экосистемных услуг акваторий и водной биоты восточной части финского залива на примере способности экосистемы формировать рыбопродуктивность с использованием данных Росрыболовства и открытых источников.....	396
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	400
1. Основные итоги работ в аспекте дальнейшего планирования исследований.....	400
2. Выбор модельных видов морской деятельности и воздействий (последствий) в качестве предмета исследований в 2024-2026 гг.	401
3. Модельные виды услуг и издержек.....	402
4. Географические участки и объекты исследований.....	404
5. Ключевые биологические объекты натуральных наблюдений в 2024-2026 гг. для расчётов функциональных характеристик сообществ и оценки экосистемных услуг и издержек	406
6. Пространственная оценка услуг и издержек с помощью биологических показателей	410
АВТОРЫ МОНОГРАФИИ.....	413
АННОТАЦИИ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА/SUMMARIES AND KEY WORDS	415

ОТ РЕДАКТОРОВ

При создании информационно-издательской платформы СПбНЦ РАН в 2022 г.* предполагалось, что помимо регулярного ежегодного выпуска периодического издания «Петербургская академическая наука. Альманах», по мере проработки разноплановой тематики междисциплинарного учреждения науки, каким в течение последних лет является СПбНЦ РАН**, начнут выпускаться и монографические издания, в том числе серийного типа. Данная коллективная монография открывает серию «Экология и природные ресурсы», одноимённую с действующим в нашем учреждении более 20 лет объединённым научным советом «Экология и природные ресурсы». Данный совет, не вошедший ни в одну из структур вновь созданного в 2023 году Санкт-Петербургского отделения РАН, продолжает свою экспертную, консультационную, организационную и научную деятельность на общественных началах как коллегиальный орган СПбНЦ РАН.

Представленная читателю коллективная монография сотрудников СПбНЦ РАН и специалистов других учреждений науки различной ведомственной принадлежности посвящена экологии Финского залива в части взаимодействия человека и природы. Она подготовлена на основе результатов научно-исследовательских работ, выполненных в рамках Государственного задания СПбНЦ РАН в 2023 г, а также при финансовой поддержке проекта ER 55 программы приграничного сотрудничества в регионе Финского залива в 2019-2022 гг., проектов, профинансированных в разные годы компаниями-природопользователями – Северный поток-2 и «Ростерминалуголь».

Серии монографических изданий ориентированы на освещение результатов работ по отдельным научным направлениям и приоритетам государственных и региональных стратегических документов. Данная монография – освещает возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учётом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук. Актуальность обсуждаемых в ней общих вопросов, подходов к проведению исследований и результатов отдельных исследований обусловлена необходимостью разработки прогноза состояния и динамики

* Санкт-Петербургская академическая наука. Альманах. Вып. 1, 2022, СПб

** Санкт-Петербургская академическая наука. Альманах. Вып. 2, 2023, СПб (40-летняя краткая история СПбНЦ РАН на СС.21-41)

водных и прибрежных экосистем, вовлеченных в экономическую деятельность и в социальные потребности общества. Кроме того, актуальность обусловлена необходимостью обеспечения информационной поддержки процесса морского пространственного планирования с целью бесконфликтного осуществления разноплановой и разнонаправленной морской деятельности; сохранения природных ресурсов и минимизации издержек, связанных с восстановлением базового уровня экологических свойств и безопасности среды обитания, а также с целью контроля биологических угроз техническим объектам при их эксплуатации на территории экосистем значимой центральной части Северо-западного федерального округа – Санкт-Петербурга и Ленинградской области (далее Регион).

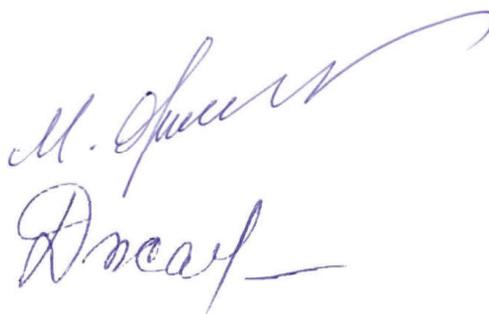
Примечательно, что начало серии положено в период подготовки и празднования 300-летия Российской академии наук и окончательно взятого СПбНЦ РАН курса на развитие в качестве учреждения науки, специализирующегося на решении экологических проблем Региона.

Редакторы благодарны всем авторам за вклад в содержание монографии и двум рецензентам за внимательно прочтение рукописи, замечания и комментарии, существенно улучшившие данный научный труд.

Мы выражаем признательность научным сотрудникам СПбНЦ РАН К.М. Кляусу, Н.Н. Ильиной и О.Д. Пожарской, а также коллективу Издательства Санкт-Петербургского государственного экономического университета за подготовку монографии к изданию.

М.И. Орлова

Л.А. Джапаридзе



ВВЕДЕНИЕ К МОНОГРАФИИ

Систематизация информации о природопользовании в регионе восточной части Финского залива (ВЧФЗ), о подходах к исследованию услуг¹⁾ и издержек²⁾ экосистем, включая разработку понятийного аппарата, анализ состояния подводных биотопов, их хозяйственного и эстетического значения в условиях климатических изменений и различных видов антропогенных воздействий, выявление ключевых участков ВЧФЗ и элементов биоты – актуальны как часть создания системы целевого экологического мониторинга природных объектов, вовлечённых в различные сферы человеческой деятельности, с элементами экономических оценок. Также это и вклад в реализацию Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России (М., 2001), Стратегии и плана действий по сохранению биологического разнообразия Российской Федерации (М., МПР, 2014 <https://www.cbd.int/doc/world/ru/ru-nbsap-v2-ru.pdf>). Согласно этим установочным документам, устойчивое существование социоэкосистемы в трактовке стратегии и плана действий (как непротиворечивого взаимодействия социо-экономической и природной части такой системы), возможно только в случае гармоничного развития всех ее компонентов. Игнорирование потребностей развития как социально-экономической, так и природной составляющих этой системы ведет к общему кризису и деградации как общества, так и природы. В этой связи определенный интерес представляет экономический подход к изучению биологических объектов с применением современных концепций природного капитала, экономического прогресса и др. Учет и адекватная экономическая оценка ценности экосистемных услуги и затрат на экосистемные издержки в перспективе должны стать эффективным экономическим инструментом, обеспечивающим сохранение и рациональное использование функций природного капитала, поддерживающим социально-экономическое развитие Региона.

¹⁾ выгоды, которые люди получают от экосистем (Millennium..., 2005) (см. раздел 3.1); блага, которые люди бесплатно получают из окружающей среды и правильно функционирующих экосистем (см. Книгу 2).

²⁾ побочный, оцениваемый как негативный, эффект от воздействия человека на функционирование экосистемы, исходно направленного на получения экосистемной услуги (Ecosystem disservices, EDS, см. Книгу 2), например, негативное воздействие на здоровье человека применения пестицидов, которое исходно направлено на повышение урожайности сельскохозяйственных культур (уничтожения сорняков). Далее приводятся соответствующие примеры для водных экосистем, включая Финский залив.

Актуален и интегративный междисциплинарный методический подход исследования, ориентированный на изучение природных комплексов, развивающихся под влиянием естественных процессов, техногенного фактора и иных антропогенных воздействий и их взаимодействия с хозяйствующими субъектами, другими категориями природопользователей – поставщиками и бенефициарами экосистемных услуг. Собранные данные и созданная таким подходом информация – фактографический материал, пригодный для обработки современными геоинформационными программными средствами как для пространственного анализа (картирование, пространственное моделирование), так и для прогнозирования и своевременного выявления отклика экосистемы на разноплановые последствия природопользования, приводящего к экосистемным издержкам, в том числе в форме биологических угроз хозяйственной деятельности и безопасности жизнедеятельности.

Географический объект исследования – ВЧФЗ – один из наиболее значимых природных комплексов для развития всех секторов экономики и оборонного сектора Северо-западного федерального округа Российской Федерации (СЗФО), социокультурных и других видов взаимодействий трех стран, расположенных на его берегах, крупнейший транспортный узел мирового и внутриконтинентального (евроазиатского) значения. С точки зрения исследований мирового океана – ВЧФЗ – уникальная природная экосистема, теоретически представляющая собой гигантский маргинальный фильтр, согласно концепции А.П. Лисицына*.

Эта система эстуарного типа расположена в зоне сочленения Балтийского кристаллического щита и Русской плиты, где породы протерозойского фундамента перекрываются осадочными комплексами плитного чехла. В пределах дна акватории залива дочетвертичные образования полностью перекрыты четвертичными отложениями. Она имеет выраженные и протяженные естественные горизонтальные градиенты (прежде всего солёностный), связанные со стоком одной из наиболее многоводных рек – р. Невы. ВЧФЗ характеризуется закономерно распределёнными разнообразными береговыми и подводными биотопами с присущими им живыми сообществами, экологическими группировками, популяциями конкретных видов – экосистемных инженеров (средообразователей, эдификаторов) различного происхождения, определяющих функциональные особенности отдельных

* Лисицын, А.П. 1994. Маргинальный фильтр океанов. Океанология, 1994, том 34, №5, с. 735-747.

биотопов и географических выделов более высокого ранга. Одновременно это и пространство осуществления природопользования в целях многоплановой хозяйственной и иной, но также закономерно пространственно распределённой, деятельности - как характерной для всего СЗФО, так и присущей именно рассматриваемому региону (транспортно-логистические и ядерный кластеры). Исторически, в настоящее время и, вероятно, в перспективе, характер и распределение морской деятельности во многом обусловлены географическим (в физическом, политическом и экономическом аспектах этой дисциплины) положением Финского залива и осуществлением планов развития территорий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области. Существенной составляющей для разработки прогноза состояния определяющих деятельность природных ресурсов и последствий их использования – динамики структурно-функционального разнообразия биоты, экосистемных услуг и издержек для нужд планирования бесконфликтного осуществления в данном пространстве различных видов морской деятельности, становится получение необходимой и достаточной информации собранной в соответствии с современными требованиями к её обработке и представлению.

На сбор такой информации на регулярной основе для создания первичных баз данных и знаний, апробации алгоритмов обработки данных направлен проект FMRU-2023-0002 («Разработка прогноза динамики структурно-функционального разнообразия и услуг экосистем, совершенствование подхода к оценке экономического прогресса в регионе Финского залива как части северо-западного федерального округа Российской Федерации с учётом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона в контексте эксплуатации биотических элементов природных комплексов на примере подводных ландшафтов в условиях естественных и техногенных воздействий»).

Коллективная монография, описывающая имеющийся научный задел по проекту и отдельные результаты работ 1 этапа (2023 год), состоит из четырех частей. Основу первой части (*Понятия, подходы, концепции, алгоритмы*) составляют: разработка понятийного аппарата; обзор основных подходов к оценке услуг и издержек экосистем; актуализация интегративного подхода к сбору данных и информации о состоянии биоты, в том числе формирование сети натурных наблюдений с учётом необходимого разрешения для целей пространственного моделирования распределения биотических и абиотических характеристик, расчётных показателей, отражающих социо-экономический аспект функционирования ключевых видов (модельные виды услуг экосистем,

способность формировать продуктивность, биофильтрационный потенциал) и издержек их эксплуатации (биопомехи и биоповреждения), протекания отдельных биологических процессов (биологические инвазии) при осуществлении модельных видов морепользования (водный транспорт, традиционная энергетика, рыбохозяйственное использование и др.). Первая часть содержит также расчётные алгоритмы для оценки результатов испытаний средств, предназначенных для защиты технических объектов от источников экосистемных издержек (в данном случае биопомех и биоповреждений). Первая часть дополнена Приложением, содержащим справочные терминологические материалы, оформленным в виде иллюстрированной таблицы-гlossария, сопровождающейся инвентарными списками на английском и русском языках. Приложение составляет Книгу 2 монографии.

Вторая часть (*Природные предпосылки, особенности и последствия природопользования в регионе восточной части Финского залива*) содержит систематизированные сведения о природных свойствах ВЧФЗ, определяющих его хозяйственное значение, об урбанистическом состоянии прилегающих территорий, информацию о наиболее важных видах деятельности, осуществляемых на берегах и акваториях, её пространственном распределении, разноплановых антропогенных воздействиях и связанных с ними негативных последствиях. Составлен предварительный перечень наиболее важных воздействий на прибрежные экосистемы и видов морепользования, приводящих к существенным трансформациям природной среды, в том числе в форме отклика, который может быть квалифицирован как причина экосистемных издержек.

Третья часть (*Современное состояние подводных ландшафтов и биоты восточной части Финского залива и водоемов бассейна Финского залива: Основные результаты натурных наблюдений, экспериментальных исследований, апробации методов и подходов в 2019-2023 гг.*) подготовлена по результатам комплексной экспедиции, проведенной в период с 28 июня по 9 ноября 2023 и материалам нескольких предшествующих лет исследований ВЧФЗ, выполненных инициативно и в рамках проектов международного приграничного сотрудничества. Третья часть открывается описанием результатов начатого в 2023 г. рандомизированного дистанционного зондирования дна залива, сопровождаемого верификационным биологическим пробоотбором для выявления распределения биотопов и средообразующих видов – источников формирования поддерживающих услуг. Эти работы являются продолжением исследований, начатых в поздние 2000-е и ранние 2010-е годы инициативными и международными проектами, выполнявшимися в российском секторе Финского залива СПбНЦ РАН совместно с Всероссийским

научно-исследовательским геологическим институтом им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), Российским гидрометеорологическим университетом с Российской стороны, Геологической службой и Институтом окружающей среды, другими партнёрами со стороны Финляндии**, ***. Прочие главы третьей части посвящены результатам исследований различных компонентов биоты - группировкам продуцентов и консументов, формирующим регулирующие и поддерживающие экосистемные услуги, наиболее важные с точки зрения хозяйственного и рекреационного использования ВЧФЗ. Особое внимание уделено: недостаточно изученной пелагической экологической группировке – меропланктону, представляющему собой источник проблем, возникающих при эксплуатации гидротехнических объектов, использующих природную воду в системах водоснабжения и охлаждения; конечному звену трофических цепей морских и крупных континентальных водоёмов и объектам природоохранной деятельности – видам крупных морских млекопитающих. Роль последних в формировании рыбохозяйственной продуктивности ВЧФЗ с учётом современной динамики видового состава этих животных, которая, вероятнее всего, связана с климатическими изменениями для Российских акваторий Балтийского моря, не исследована. Заключительная глава третьей части представляет результаты сравнительной апробации экспресс-методик микробиологических исследований воды, донных отложений, биопленок и бактериально-водорослевых корковых образований (в перспективе и конструкционных материалов). Эти методики необходимы как для разработки импортозамещающих подходов к выполнению полевых микробиологических работ, так и для детального исследования такой экосистемной издержки как биоповреждение, вызываемое различными, в большинстве своём (в отличие от обрастателей) недостаточно изученными, микроорганизмами.

По итогам всех работ 2023 г. (части 1-3) уточнен перечень модельных воздействий и видов морепользования, экосистемных услуг и издержек, выбраны модельные акватории и береговые территории для информационно-аналитических и полевых исследований в 2024-2027 гг. (Заключение к монографии).

Часть 4 (*Рыбохозяйственная характеристика восточной части Финского залива и разработка методов оценки экосистемных услуг акваторий и водной биоты на примере обеспечивающей экосистемной услуги*) содержит краткий рыбохозяйственный обзор, организованный по принципу районирования ВЧФЗ и главу с описанием апробации подхода к оценке ключевой обеспечивающей

** Региональная экология 2015. - Т 38(№3).

*** Kaskela, A.M., Rousi, H., Ronkainen, M., Orlova, M., Babin, A., Gogoberidze, G., Kostamo, K., Kotilainen, A.T., Neevin, I., Ryabchuk, D., Sergeev, A., Zhamoida, V. Linkages between benthic assemblages and physical environmental factors: The role of geodiversity in Eastern Gulf of Finland ecosystems. *Continental Shelf Research* 142, 2017: 1-13.

экосистемной услуги - способности формировать рыбопродуктивность. Для этого были использованы официальные данные о рыбном промысле за ряд последних лет и алгоритм стоимостной оценки.

Конечная практическая цель проекта в части сбора данных и формирования информационных продуктов - обеспечить получение новых знаний о деталях строения и основных закономерностях функционирования природных экосистем, визуализации полученных сведений и разработки систем их интерпретации для: прогнозирования; создания исходных информационных наборов, необходимых для экономических расчётов и оценок; инструментов пространственного планирования бесконфликтной морской деятельности и сохранения качества экосистемных услуг и снижения экосистемных издержек, которое может быть достигнуто научно обоснованным размещением различных объектов и планированием их эксплуатации (проиллюстрировано на Рисунке 2.1. в Части 2).

ЧАСТЬ 1. ПОНЯТИЯ, ПОДХОДЫ, КОНЦЕПЦИИ, АЛГОРИТМЫ

ВВЕДЕНИЕ

Данный компонент коллективной монографии отражает результаты по разработке понятийного аппарата, в том числе в части экономики природопользования и оценки различных сторон конфликта природы и человека при осуществлении отдельных видов морепользования (Глава 1; Книга 2); актуализации интегративного подхода¹⁾ к сбору фактографической, прежде всего биологической информации, получаемой в процессе натуральных наблюдений (Глава 2), пригодной для визуализации объектов и процессов, моделирования их состояния современными методами; её хранению, обработке и использованию для целей картирования и прогноза динамики различных элементов экосистемы Финского залива, оценки распределения экосистемных услуг; информационной поддержки морского пространственного планирования. Глава 3 представляет собой краткий обзор концепций и подходов к оценке природных ресурсов с точки зрения экосистемных услуг и издержек.

Учитывая все возрастающую актуальность разработки стратегий превентивного противодействия отдельным негативным откликам экосистем (см. соответствующую сноску Введения к монографии), трактуемым как экосистемные издержки, в том числе путем защиты конструкционных материалов с использованием специально разрабатываемых покрытий, одним из требований к которым становится экологическая безопасность, в состав 1 части введены новые материалы по разработке расчетного алгоритма к оценке защитной эффективности и экологичности для проведения первичных испытаний инновационных покрытий (Глава 4). Для изложения порядка расчета и демонстрации исходных данных использованы материалы по тестированию, проведённому в инициативном порядке с одной из инновационных систем покрытий, разработанных Институтом химии силикатов (ИХС РАН). Само нежелательное явление (мишень защиты) – обрастание гидротехнических

¹⁾ В течение нескольких последних лет (2019-2021) и в ходе выполнения данного проекта FMRU-2023-0002, на Российской акватории проводится работа по практической апробации, а на её основании пошаговой актуализации системы сбора биологической и сопутствующей информации (Региональная экология, 2015; Орлова, 2022), в том числе в части совершенствования сети наблюдений. Также разрабатываются требования и создаётся система электронных таблиц для хранения с целью последующей обработки и представления собранных данных, информации и знаний, раздаточные материалы для проведения информационно-аналитических исследований хозяйствующих субъектов (Отчёт...2023, 1 этап исполнения темы FMRU-2023-0002).

объектов, описано в части 3 (Глава 9). Детальное изложение двухступенчатой методики первичного отбора средств-кандидатов для дальнейших полномасштабных испытаний, результаты применения которых послужили основой для разработки алгоритма, опубликовано ранее*. В настоящее время готовятся к публикации материалы по исследованиям, выполненным с использованием указанной методики и приведенного алгоритма расчёта, на инновационных оксидных плёночных покрытиях, полученных пиролитическим способом**.

В составе материалов первой части, иллюстрирующих Главу 1, следует рассматривать и Приложение к монографии (в виде отдельной книги – Книга 2) – многолетний труд международного коллектива авторов, который в перспективе, после обратной связи от читателей, и дальнейшей, выполненной на её основе научной и лингвистической доработки, может стать и самостоятельным изданием.

*Орлова М. И., Строгова Е. В. К созданию и апробации экспресс-подхода для отборочного тестирования образцов биоцид-содержащих защитных покрытий. Монография/ под ред. Орловой М. И., Родионова В. А. // Проблемы создания защитных покрытий нового поколения от коррозии, биообрастания и обледенения для морских береговых и сухопутных объектов. СПб., Изд. СПбГЭУ, 2021, сс. 41-52

** Патрушева Т. Н., Ломовцева С. Д., Захарова А. О., Орлова М. И., Строгова Е. В., Петров С. К. (2024, в подготовке) Исследование антиобрастательной активности оксидных плёнок, полученных экстракционно-пиролитическим методом, в условия континентального водоёма.

ГЛАВА 1. РАЗРАБОТКА ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ПРОЕКТА

М.И. Орлова*, В.С. Котельникова, О.Д. Пожарская

ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: om@spbrc.nw.ru

Цель и характер данного проекта (см. Введение к монографии), предшествующий опыт исследований Финского залива (Гидрометеорология..., 1994; The Gulf of Finland..., 2016), его трансграничное географическое положение, природные особенности и характер природопользования в ВЧФЗ (Часть 2) определили состав понятийного аппарата, пригодного для коммуникаций и, насколько возможно, однозначного восприятия информации всеми сторонами процесса природопользования, включая научные исследования, как его часть, и исследователей, как субъект.

В основу перечня положен ранее разработанный авторами данного раздела интерактивный многоуровневый четырехязычный глоссарий, доступный по ссылке: <https://er55.nw.ru> (Рисунок 1.1). Интерактивная разработка была выполнена при финансовой поддержке программы соседства Эстонии и России (Проект ER55).

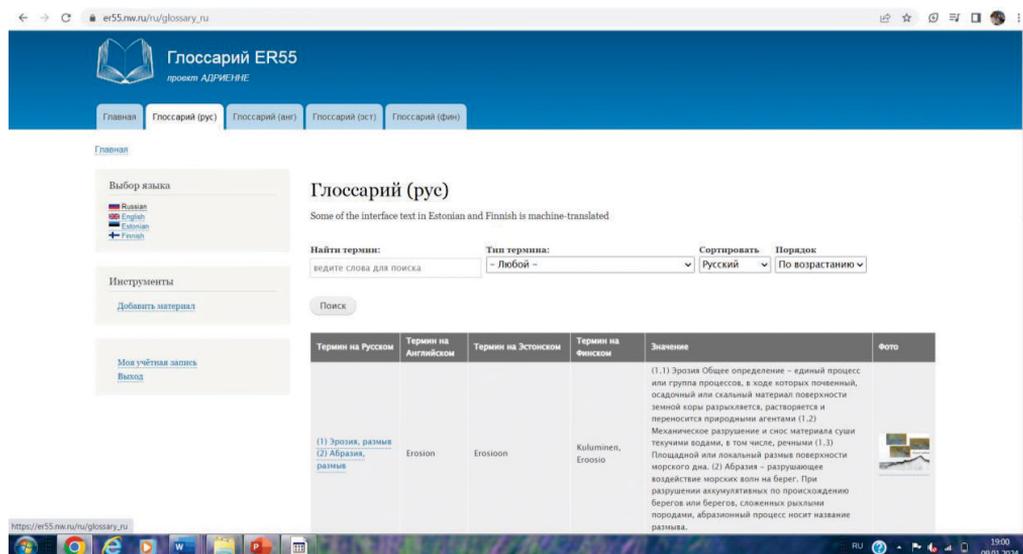


Рисунок 1.1 – Скриншот одной из интерактивных страниц перечня (Глоссария) проекта ER 55, размещённого на портале СПбНЦ РАН (по ссылке <https://er55.nw.ru>)

При подготовке печатного издания разработки понятийного аппарата в виде Приложения к данной коллективной монографии (Книга 2), материал Глоссария был существенно переработан по содержанию и оформлен в виде аннотированного перечня, также четырехязычного, где термины на английском и русском языках снабжены в различной степени развернутым комментарием или словарной статьёй, тогда как финские и эстонские эквиваленты даны без таковых. В ряде случаев текстовые комментарии дополнены иллюстративными материалами (фотографиями, результатами дистанционного зондирования, схемами) (Рис. 1.2), что расширяет круг потенциальных читателей и пользователей данного научно-просветительского и научно-практического труда.

Выбранный языковой формат определяется широким распространением англоязычной терминологии. Что касается многих случаев использования терминологии на национальных языках, то она может представлять собой кальку англоязычного толкования. Равно и специфика употребления одних и тех же терминов в трех государствах региона Финского залива – Российской Федерации, Республиках Эстония и Финляндия, представляющих разные научные школы и национальные культуры, различается. Имеется и неполное соответствие используемых при выборе терминологии частных научных и природопользовательских парадигм в пределах одного государства, и это характерно для всех трёх государств.

Вышеупомянутым проектом ER55, действие которого было приостановлено (!) западной стороной в марте 2022 года, ставилась задача гармонизации терминологии, которая остаётся актуальной и сейчас, вне международных программ научного сотрудничества. В силу этого обстоятельства не только русский и английский комментарии могут быть не идентичны, но и трактовки одного и того же понятия членами научно-образовательного и административного сообществ – носителей одного и того же языка, могут заметно отличаться (см. предыдущий абзац).

Материалы перечня определены как 1-е издание, что предполагает дальнейшую систематизацию и совершенствование терминологического аппарата, расширение самого перечня и особенно его иллюстративных материалов, адаптацию для образовательных целей и для популяризации научных знаний, обеспечения положительного воздействия материалов и их изложения на культуру корректного использования административной, экономической, естественно-научной и в целом природопользовательской терминологии населением.

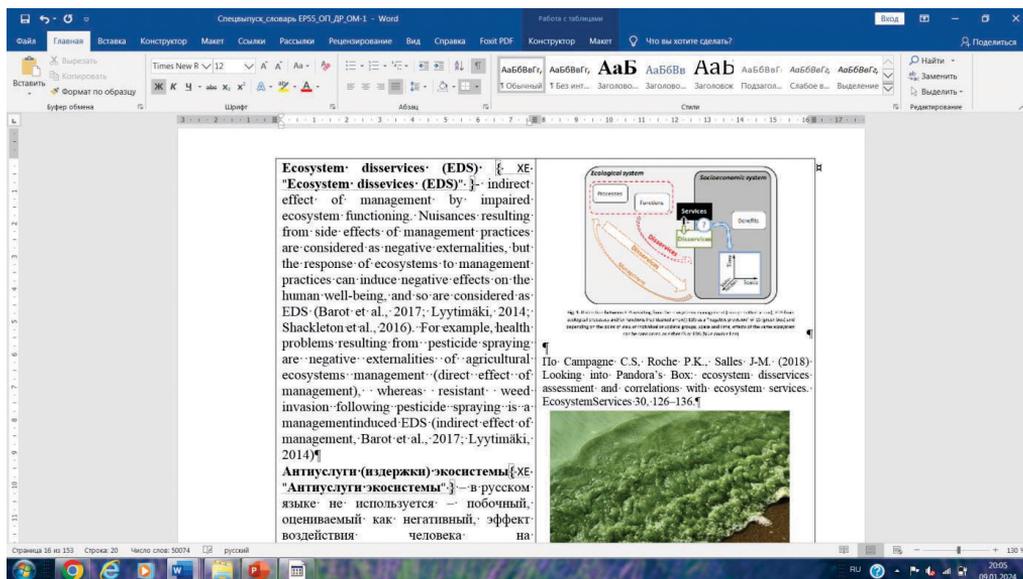


Рисунок 1.2 – Скриншот фрагмента рукописи одной из подборок словарных статей, посвященных понятию «экосистемные издержки»

В соответствии с междисциплинарным характером выполняемого проекта, Книга 2 включает шесть тематических разделов. Раздел 1 – «Общепотребительная терминология» содержит термины, наиболее широко используемые в междисциплинарном проекте, касающиеся прежде всего его основных концепций и потребностей природопользования. Отнесение терминов к трем последующим разделам – 2. «Биологические термины», 3. «Геологические термины», 4. «Гидрофизические термины», в наибольшей мере подпадает под направления основных естественнонаучных дисциплин, понятия и методы которых используются при исследовании биоты и местообитаний. Ряд терминов в равной мере употребителен в каждом из этих разделов, причем в одном и том же значении. В этом случае термин помещали в один из разделов, соответствующий той области знания, где он наиболее используем, во избежание повторов. Достаточно специфичен раздел 5 – «Термины дистанционного зондирования», в состав которого собраны материалы, относящиеся к дистанционным неинвазивным методам интегративного подхода, на настоящем этапе формирования перечня главным образом – космического мониторинга. Раздел 6 – объединяет «Термины в области охраны природы, природопользования и экологической безопасности».

Издание снабжено двумя алфавитными указателями – на русском и английском языке. Каждый сегмент перечня, соответствующий одному термину,

начинается статьей (термином и комментарием к нему) на английском языке. Затем следует аналогичная информация на русском языке или прямой перевод статьи с английского языка на русский. Завершается сегмент терминами на эстонском, затем на финском языках (при возможности отыскания такой информации). Выбранная структура сегментов нарушает алфавитный порядок размещения терминов на русском языке, но позволяет читателю иметь одновременно в поле зрения все эквиваленты терминологии на условно «международном» английском, русском и двух национальных языках в пределах одного сегмента перечня. Нивелировать это неизбежное неудобство многоязычного перечня – алфавитные несовпадения последовательности размещения фрагментов, позволяют вышеупомянутые алфавитные указатели.

Значительная часть терминов почерпнута из открытых источников (основные из привлеченных источников перечислены в соответствующем списке). Однако многие комментарии носят оригинальный характер, будучи сформулированы составителями и участниками работ по данному проекту, членами проекта ER55, за что авторы коллективной монографии выражают им благодарность (раздел на с. 128 Книги 2).

Впоследствии предполагается провести актуализацию и исходного интерактивного продукта по итогам работ над следующим изданием перечня и включить актуализированную версию в состав геопортала СПбНЦ РАН, где будут храниться фактографические материалы и подборка слоёв карт, созданных в ходе выполнения проекта, для различных категорий пользователей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Гидрометеорология и гидрохимия морей (Проект «Моря СССР»). 1994. СПб.: Гидрометеоздат, Т. 3: Балтийское море. Вып. 2: Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. – 436 с.

<https://er55.nw.ru> ADRIENNE 2019-2022 ER 55, Главная (дата обращения 11.11.2023).

The Gulf of Finland Assessment. Reports of the Finnish Environment institute 27/2016 Raateojia M., Setälä O (eds.) https://www.researchgate.net/profile/PaeiviHaapasaari/publication/308986087_Consequences_of_oil_spills/links/5dd96ab3a6fdccdb445ffa8b/Consequences-of-oil-spills.pdf (дата обращения 07.11.2023).

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ И АКТУАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАТИВНОГО ПОДХОДА К СБОРУ БИОЛОГИЧЕСКИХ И СОПУТСТВУЮЩИХ ДАННЫХ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ И ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ

М. И. Орлова¹, Е. В. Строгова¹, Сухачева Л. Л.,¹*

Леонтьев Ф. А.², Д. С. Дудакова³

¹*ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия*

²*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт*

им. П.А. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

³*Институт озерадения РАН, обособленное подразделение ФГБУН Санкт-Петербургский федеральный исследовательской центр РАН Санкт-Петербург, Россия*

**e-mail: om@spbrc.nw.ru*

ВВЕДЕНИЕ

В ходе работ этапа 2023 г. – общей оценки природных особенностей и морепользования в ВЧФЗ (часть 2), полевых исследований и анализа официальных сведений о состоянии и использовании рыбных ресурсов (части 3,4), было продолжено развитие интегративного подхода (Региональная экология, 2015) к ведению наблюдений за состоянием природных ресурсов бассейна Финского залива в части сбора гидрофизических, геологических, биологических данных, планирования намеченного на последующие этапы исследования хозяйствующих субъектов, включая экономические вопросы их взаимодействия с биотой (сбор социо-экономической информации). Также подход дополнен сформулированными требованиями к первичным (собранным *de novo* в ходе натурных наблюдений) фактографическим данным; адаптирован к общей схеме разработки прогнозов и информационной поддержки морского пространственного планирования (Рис. 2.1), созданием системы компоновки и хранения данных; осуществлен выбор программного обеспечения для ГИС-картирования с учетом геополитической ситуации; частично пересмотрены приоритетные направления использования неинвазивных (дистанционных) методов наблюдений.

В целом разработка 2023 г. преемственна ряду научных и научно-практических национальных и международных проектов, реализованных в Регионе с целью создания научных основ планирования природопользования и своевременного выявления угроз биологического происхождения.



Рисунок 2.1 – Общая схема сбора и использования фактографических данных и иной информации для анализа, моделирования и прогноза состояния отдельных биотических элементов экосистемы под влиянием выбранных внешних воздействий при создании информационной поддержки морскому пространственному планированию (проект программы соседства Российской Федерации и Республики Эстония ER55, 2022 (с дополнениями))

2.1. К предыстории разработки подхода в условиях ВЧФЗ

Первичные основы подхода были заложены при создании системы мониторинга водных чужеродных видов, включая источники биопомех, по заданию Администрации г. Санкт-Петербурга (Отчет..., 2004; 2005; 2006; 2007; 2008), при разработке методики ведения биолого-химического мониторинга систем технического водоснабжения АЭС (Отчет МТ..., 2015), дополнены в ходе выполнения проекта соседства России и Юго-восточной Финляндии¹⁾ (Региональная экология..., 2015) дистанционными неинвазивными методами (Там же); методами статистического анализа для мезомасштабного моделирования распределения подводных биотопов Финского залива (Kaskela et al., 2017). Учитывая современные возможности ГИС-картирования и математического моделирования с использованием машинного обучения (Рис. 2.1), распределение наиболее важных видов морепользования (Часть 2), в 2020-2021 гг., был изменён принцип формирования сети наблюдений за количественными параметрами окружающей среды, отбора количественных биологических проб.

¹⁾ ТОПКОНС (TOPCONS) – Трансграничные инструменты для пространственного планирования и сохранения Финского залива, проект программы соседства юго-восточной Финляндии и России (ENPI CBC) № 2011022 SE511. Партнеры проекта с Российской стороны: ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук (СПБНЦ РАН); Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ); с Финской стороны: Научно-исследовательская морская ассоциация в г. Котка (Merikotka, KMRA) – Головной партнер проекта, Институт окружающей среды Финляндии (SYKE), Геологическая служба Финляндии (GTK), Университет г. Хельсинки, Служба окружающей среды Финляндии (Metsähallitus), Институт рыболовства и рыбоводства Финляндии (RKTL). Проект выполнялся в 2012–2014 гг. и получил по окончании высокую оценку Соединенного управляющего органа программы (72,8 баллов из 76 возможных).

Исследования и методические разработки этого периода в регионе Финского залива были вызваны практической потребностью поиска доступных решений для надёжного картирования подводных ландшафтов в короткие сроки и с охватом максимальной акватории, в идеале тотально (например, на такой охват ориентирован проект VELMU, выполнявшийся в Финляндии). Конечной целью таких планов и карт было информационное обеспечение принятия решений в области оптимального размещения хозяйственных объектов, то есть одновременно эффективного, бесконфликтного в связи с тогдашней повесткой дня трехстороннего международного сотрудничества в регионе Финского залива, ориентированной на концепцию устойчивого развития региона. До марта 2022 г. ежегодные трёхсторонние встречи, имевшие большой общественный резонанс и организуемые при участии Администрации г. Санкт-Петербурга, проходили в последней декаде марта в Санкт-Петербурге в составе форума «День Балтийского моря».

2.2. Принцип сочетанности интегративного подхода в сборе данных при проведении полевых исследований

Данный подход (Рис. 2.2) к сбору текущей информации на территории или акватории естественной, или квазиестественной части экосистемы (техноэкосистемы) исходно представлял и по сути представляет собой *сочетанное применение* двух групп доступных исследователям дистанционных и контактных методов преимущественно двух направлений естественных наук – науки о Земле и науки о Жизни для исследования многокомпонентного пространства залива. Итогом такого сочетанного применения становится в идеале одномоментный или близкий по времени информационно-наглядный срез биотопа, в состав которого входит стандартное количественное гидробиологическое описание (на основе исходных или обработанных данных), обладающее географической привязкой, совмещенное с результатами дистанционного зондирования (акустического сканирования, космосъемки, фото, видеосъемки) (Рис. 2.3). Под биотопом понимается минимальный функциональный пространственный выдел, представляющий собой единство местообитания и живой компоненты, биотоп может быть и искусственным (техногенным). Также важными выходами (продуктами) применения такого подхода становятся (1) данные, информация и сведения для оценки состояния трех категорий объектов (текст вверху на Рис. 2.2) и (2) упорядоченно хранящаяся цифровая, визуальная и визуализированная с использованием ГИС-технологий информация для составления описаний (отчётов) прогнозов и

рекомендаций, наполнения интерактивных продуктов для различных групп пользователей (текст внизу на Рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Логическая схема и назначение интегративного подхода к сбору фактографических данных в полевых условиях, при анализе информации открытых источников о состоянии ВЧФЗ, результатов информационно-аналитического исследования хозяйствующих субъектов

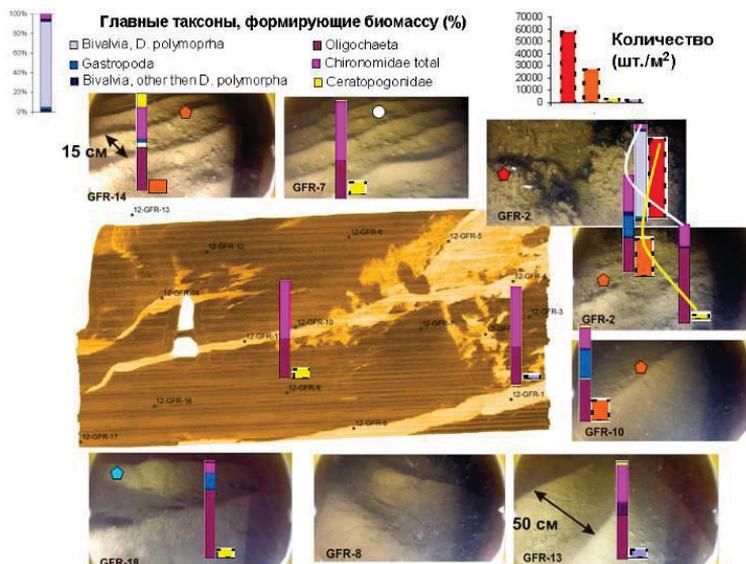


Рисунок 2.3 – Визуальная и географически привязанная гидробиологическая информация – результат применения в одном и том же пространстве (акватории прибрежной зоны ВЧФЗ в Курортном районе Санкт-Петербурга) многолучевого эхолотирования дна подводной видеосъемки (дистанционные неинвазивные методы) и гидробиологического анализа количественных донных проб (точечный пробоотбор, спланированный с целью охвата выявленных многолучевым эхолотированием биотопов) (Орлова и др., 2014)

Принцип сочетанности применяется и к анализу динамики биологических параметров на фоне фиксации неперIODических гидрологических событий дистанционными методами и сведениями открытых источников, путем проведения на отдельных локальностях интенсивных гидробиологических наблюдений (Рис. 2.4).

Тот же принцип отражает и включение в систему наблюдений и сбора информации о хозяйствующих субъектах (Рис. 2.2, вертикальный текст справа), являющихся бенефициарами экосистемных услуг и объектами защиты от воздействия экосистемных издержек. Их роль в логике исследования неоднозначна: будучи объектами исследования, они в существенной мере являются и основными потребителями информации, их потребности оказывают влияние на планирование дальнейших исследований.

Конечная цель интегративного, то есть сочетанного триединого подхода (дистанционные методы, контактные методы исследования объектов; исследование субъектов) – получение достаточного набора репрезентативных (надежных) данных, поддающихся различным видам анализа, отображения и моделирования состояния экосистемы для анализа феноменологии и выявления механизмов иерархического взаимодействия внешних факторов и реакций различных компонентов экосистем (включая техногенные) на различные воздействия, включая их сочетания.

Дальнейшее использование результатов - прогноз состояния экосистем и условий хозяйственной деятельности и иных видов морепользования и принятие на основе прогноза обоснованных решений при планировании морепользования, организации пост-проектного мониторинга, использования в информационных продуктах.

2.3. Назначение и требования к данным

Данные, полученные дистанционными (неинвазивными) методами

Благодаря данным, полученным дистанционными методами, исследователь получает в свое распоряжение изображения или их серии с различной степенью детализации (разрешения), привязанные к системе географических координат, полученные непосредственно (фото, видео) или путем проведения первичной и тематической обработки исходных материалов дистанционного зондирования (например, панхроматы космосъемки), сонограмм с использованием соответствующих методов дешифрирования (см. тематические рисунки 2.3, 2.4 и раздел 2.7).

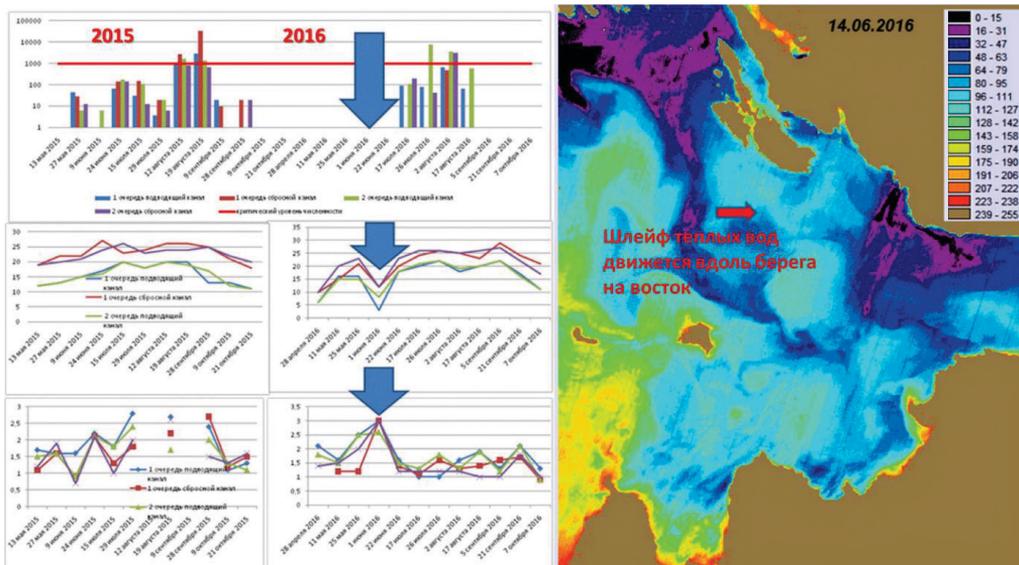


Рисунок 2.4 – Выявление на примере динамики численности меропланктонных личинок первопричин действия факторов, лимитирующих размножение и распространение теплолюбивого чужеродного вида *Mytilopsis leucophaeta*: резкое понижение температуры в начале сезона размножения как следствие протекания апвеллинга (2016 г.). Признаки апвеллингов (правая сторона рисунка): резкое снижение температуры, повышение прозрачности, зафиксированные измерениями, сопутствовавшими отбору проб – видны как оптические неоднородности на дешифрированных фрагментах космосъемки ИК канала (фондовые материалы)

Важная особенность и требование к таким данным – их доступность для многократного (в том числе возвратного) использования, тематического дешифрирования/декодирования и последующего экспертного анализа различными специалистами, равно как и представителями заинтересованных сторон. Еще один существенный аргумент для использования дистанционно полученных материалов наравне со стандартным отбором проб (пробы – основной источник контактных/точечных данных) – их неинвазивный, то есть не нарушающий целостность исследуемого объекта характер, позволяющий и сохранять данный объект (например, участок дна, сообщество, отдельная особь) в первозданном виде, и многократно возвращаться к наблюдениям за ним в его природной среде. Неинвазивный характер сбора сведений особенно важен в природоохранном аспекте и по отношению к редким и уникальным объектам. В части ОВОС существенно и то, что дистанционные методы в сравнении со стандартными позволяют сделать сбор сведений и более интенсивным (повысить частоту наблюдений), и более экстенсивным (увеличить охват наблюдениями акваторий и территорий).

Учитывая упомянутые во введении к данной главе проблемы, связанные с заменой анализа гидробиологических проб видеороликами (например, в проекте VELMU), интегративный подход предполагает, что любые дистанционные исследования поселений гидробионтов (аэрокосмические методы, фото и видеодокументирование, акустические исследования) сопровождаются обязательной верификацией пространственных фрагментов контактными гидробиологическими и геоботаническими исследованиями или полученными ранее результатами таких исследований. Если до проведения дистанционных исследований соответствующие пробы не были собраны, а измерения произведены, допускается использование опубликованных данных стандартных геологических, гидробиологических и геоботанических географически привязанных исследований за приемлемый период времени.

В полевых работах 2023 года (Отчет..., 2023) предполагалось задействовать разноплановые пространственные данные, собранные с использованием спутниковых технологий (ДДЗ), БПЛА и аэрофотосъемки, методов акустического сканирования дна, подводного фото (видео) документирования, фотодокументирования полуводных и наземных объектов. От наиболее перспективных БПЛА и ДДЗ, кроме анализа архивных материалов ДДЗ, пришлось временно воздержаться.

Данные, полученные путём пробоотбора и прямых измерений

Актуализацией подхода предлагается для сопоставимости результатов и их пригодности для различных видов статистической обработки, по возможности ограничить использование биологических данных, полученных путём экспертных оценок и расшифровки фрагментов подводной видеосъемки (см. выше). При таком методе исследования полностью отсутствует учет инфауны, *играющей важную роль в поддержании трофического статуса и продуктивности залива* и мелких форм гидробионтов, нет данных по *биомассе, которые необходимы для расчёта функциональных параметров и, в конечном итоге, оценки экосистемных услуг и издержек*. Поэтому предпочтение отдано результатам измерений и результатам камеральной обработки гидробиологических (геоботанических) проб, выполняемых на сети локальностей достаточного разрешения (рисунок 2.5). Исключение составляют наблюдения за динамикой и пространственным распределением зарослей погруженной и полупогруженной растительности, рыбного населения, микробиологические данные, полученные апробированными экспресс-методами (глава 12), расчётные величины, а также сведения, предоставляемые

хозяйствующими и другими субъектами (раздел 2.9), используемые для социально-экономических оценок использования бенефициарами экосистемных услуг и проявления издержек.

В качестве базовой биологической информации по ключевым видам и экологическим группировкам, обеспечивающим формирование услуг и издержек экосистем, предлагается использовать непосредственно для анализа и для получения расчётных характеристик:

1. Макроводоросли:

- таксономический состав;
- наличие прикрепления;
- биомасса (В) (g/m^2) общая и ключевых видов.

2. Высшая водная растительность:

- таксономический состав;
- состав основных ассоциаций;
- *площадь, занятая макрофитами и их доминирующими ассоциациями на участке наблюдений (m^2);
- **проективное покрытие (%) оцененное визуально или с использованием системы классов;

- **ярусность распределения ассоциаций, оцененная визуально;
- **обилие, оцененное визуально, используя систему классов;
- биомасса ключевых и доминирующих видов (g/m^2).

Численность ключевых и доминирующих видов (ind/m^2).

3. Группировки донных беспозвоночных:

Макрозообентос и перифитон:

- таксономический состав;
- численность (N) (ind/m^2) общая и отдельных таксонов;
- биомасса (В) (g/m^2) общая и отдельных таксонов.

Перифитон:

- **проективное покрытие каменистыми субстратами дна (%) (визуальная оценка аквалангиста или с использованием видео и фотодокументирования);
- площадь субстрата (пробы).

4. **Прибрежные рыбы:

- видовой состав рыбного населения;
- демографическая структура популяций ключевых видов;
- численность (N) (ind/m^2) каждого вида;
- биомасса (В) (g/m^2) каждого вида.

5. Личиночный меропланктон (см. раздел 9.1):

– таксономический состав;

– численность (N) (ind/m^3 и ind/m^2) общая и отдельно двустворчатых моллюсков, многощетинковых червей, *Amphibalanus improvisus*.

6. Учёт морских млекопитающих (Глава 11)

Примечания:

* желателен при наличии соответствующих фрагментов космосъёмки, аэрофотосъёмки;

** линейные данные: оценка производится вдоль небольшой трансекты или маршрута, в случае рыб данные собраны на отрезке прогона малькового невода.

Минимальные требования к данным любого происхождения

Новые данные и сведения, собранные в ходе выполнения полевых работ проекта, отвечают следующим минимальным требованиям:

– наличие географической привязки в десятичных координатах (00,00000N; 00,00000E), позволяющей проводить обработку в ГИС-среде: – (точечные значения характеризуются одной парой координат – долготой и широтой);

- маршрутные данные (геоботанические, ихтиологические, собранные при учёте морских млекопитающих) долготой и широтой минимум двух точек) – начала и окончания маршрута, либо конечными точками диагонали условного прямоугольника, в очертания которого вписывается маршрут (прогон закидного невода при количественных ловах прибрежных рыб);

- плоскостные пространственные материалы содержат минимум 4 пары координат (например, прямоугольные полигоны, выбранные для детального эхолотирования).

Новые данные и сведения имеют также и *междисциплинарный характер* – основа информации формируется из набора: данных, описывающих: (1) абиотические условия, (2) живые сообщества и/или отдельные ключевые виды, по возможности (3) антропогенные воздействия.

2.4. Сеть наблюдений за донными ключевыми группировками и видами

Для получения массивов данных, пригодных для картирования и прогностических исследований и, в конечном итоге, для решения современных задач моделирования (Рис. 2.1), в настоящее время формируется сеть высокого разрешения (Рис. 2.5), которая в перспективе должна быть выравнена по

отношению к береговой линии и расстоянию между локальностями, за исключением акваторий с ограниченным доступом.

На данной сети производится также ежегодное обследование наиболее репрезентативных локальностей для оценки межгодовой динамики количественных показателей планктона, бентоса и нектона (Главы 8-10), а также две локальности интенсивных (сезонных наблюдений за расселительными стадиями нежелательных видов – источников экосистемных издержек, и для раннего выявления новых из числа таковых (см. например, Рис. 2.4 и раздел 9.3).

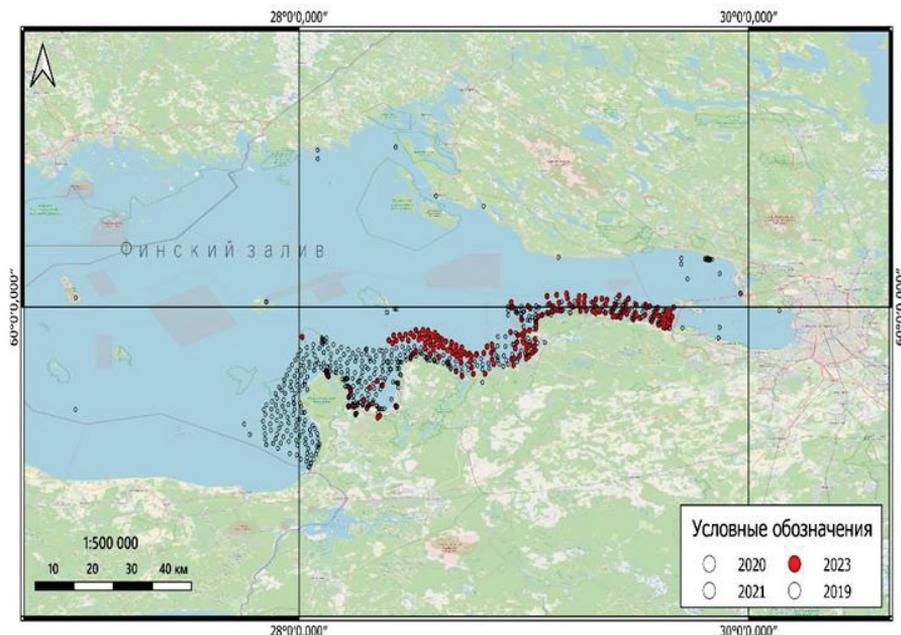
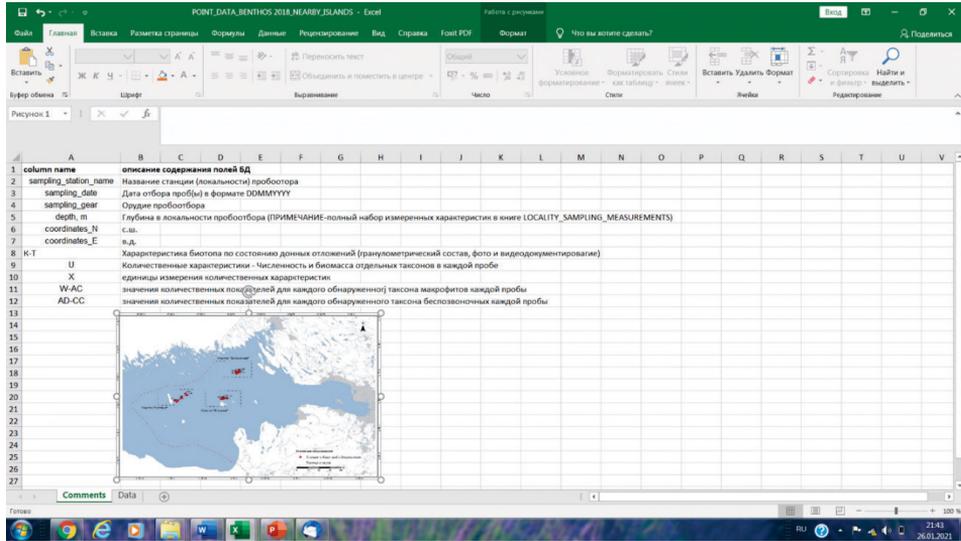


Рисунок 2.5 – Вклад полевых работ 2023 г. в формирование сети наблюдений высокого разрешения

2.5. Хранение данных

Создана система электронных таблиц для хранения с целью последующей обработки и представления добываемых данных, информации и знаний (Рис. 2.6 – 2.10). В перспективе эта система может стать практическим инструментом одного из тематических разделов проектируемого геопортала СПбНЦ РАН «Природа. Город. Человек», предназначенного для взаимодействия с возможными поставщиками информации, например данных (точечных (фактографических), пространственных)) и пространственных метаданных. Уже на стадии планирования разработки геопортала необходимо выбрать и опробовать пути и алгоритмы сбора информации для ее упорядоченного и унифицированного хранения, сортировки, извлечения и анализа с целью (1) последующего использования учреждениями науки и образования, другими легитимными пользователями при создании баз знаний, доступных как для

А



Б

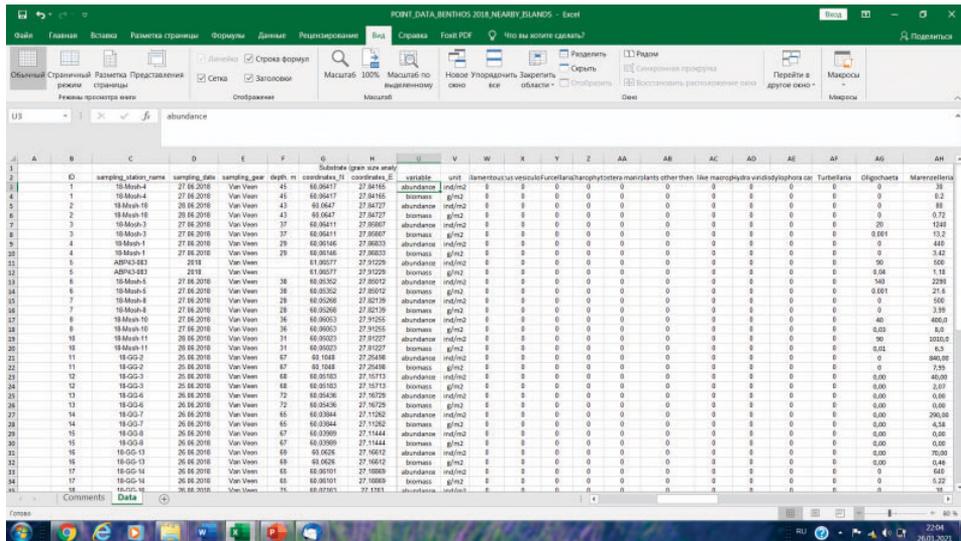


Рисунок 2.8 – Скриншот листов рабочей книги с информацией о дате отбора проб, донном биотопе, величинах численности и биомассы обнаруженных таксонов макрофитов и донных беспозвоночных, А – лист комментариев, Б – основной лист (таблица) с данными

Platform	ID продукта	дата съемки	Облачность (%)	зона(а)	Ширина (мн)	Длина (мн)	Ширина (мн)	Длина (мн)	Размер ф.	Обзорное изображение
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017079_20200613T084203	2020-06-13T09:40:39.024Z	0.3633	35VPG	59.43361944719594	28.76318117311936	60.42407827988155	29.76567019586372	228.53 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017136_20200611T082207	2020-06-11T09:20:29.024Z	1.264	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41785271027838	30.80075176111265	733.19 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017222_20200625T084033	2020-06-25T09:40:39.024Z	0.8749	35VPG	59.4335700665479	28.76318117311936	60.42407827988155	29.76114421801503	218.69 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017279_20200627T082052	2020-06-27T09:20:29.024Z	0.2975	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41785271027838	30.80075176111265	739.81 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017508_20200713T081104	2020-07-13T09:40:29.025Z	14.973	35VPG	59.43341362500468	28.76318117311936	60.42407827988155	29.774370012517234	230.00 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017565_20200717T082029	2020-07-17T09:20:29.024Z	0	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41785271027838	30.80075176111265	731.97 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017708_20200727T082029	2020-07-27T09:20:29.024Z	11.2624	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41785271027838	30.80075176111265	766.64 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017894_20200801T083037	2020-08-01T09:30:39.024Z	3.1363	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.42407827988155	30.80075176111265	746.39 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017994_20200801T083037	2020-08-01T09:30:39.024Z	3.1346	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41785271027838	30.80075176111265	750.59 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A018037_20200801T083037	2020-08-01T09:30:39.024Z	0.0986	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.42407827988155	30.80075176111265	761.52 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A018137_20200801T083037	2020-08-01T09:30:39.024Z	16.3154	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41785271027838	30.80075176111265	748.44 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A020530_20200625T084033	2020-06-25T09:40:29.024Z	2.0038	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.418076981661045	30.80075176111265	751.35 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A020573_20200627T082029	2020-06-27T09:20:29.024Z	12.1798	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41785271027838	30.80075176111265	749.48 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A020916_20200615T083040	2020-06-15T09:30:41.024Z	1.7543	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.42407827988155	30.80075176111265	757.00 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A020959_20200618T084037	2020-06-18T09:40:41.024Z	16.2942	35VPG	59.43303349919982	28.76318117311936	60.42407827988155	29.7583212637968	216.17 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A021116_20200625T084033	2020-06-25T09:40:29.024Z	19.9689	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41785271027838	30.80075176111265	777.32 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A021159_20200625T083156	2020-06-25T09:30:41.024Z	0.4286	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.42407827988155	30.80075176111265	771.49 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A021488_20200718T084126	2020-07-18T09:40:41.024Z	29.460200000000005	35VPG	59.43303349919982	28.76318117311936	60.42407827988155	29.744674812252006	220.33 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A020912_20200811T084037	2020-08-11T09:40:41.024Z	1.4191	35VPG	59.43063387863624	29.760291379615446	60.42407827988155	29.74504894216304	205.44 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A020974_20200821T082034	2020-08-21T09:30:31.024Z	14.7179	35VPG	59.39819844853761	28.76318117311936	60.41805179101941	30.80075176111265	764.00 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017136_20200611T082207	2020-06-11T09:20:29.024Z	4.5062	36VIM	59.402967480991144	29.37003358989392	60.42638503415989	31.409527326747416	756.32 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017279_20200627T082029	2020-06-27T09:20:29.024Z	0.829	36VIM	59.402967480991144	29.37003358989392	60.42638503415989	31.409527326747416	762.07 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017565_20200717T082029	2020-07-17T09:20:29.024Z	0	36VIM	59.402967480991144	29.37003358989392	60.42638503415989	31.409527326747416	758.84 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017708_20200727T082029	2020-07-27T09:20:29.024Z	10.2658	36VIM	59.402967480991144	29.37003358989392	60.42638503415989	31.409527326747416	778.26 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A017994_20200801T083037	2020-08-01T09:30:39.024Z	4.8533	36VIM	59.402967480991144	29.37003358989392	60.42638503415989	31.409527326747416	756.49 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A018037_20200801T083037	2020-08-01T09:30:39.024Z	0.045	36VIM	59.402967480991144	29.37003358989392	60.42638503415989	31.409527326747416	791.18 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A018137_20200801T083037	2020-08-01T09:30:39.024Z	25.4108	36VIM	59.402967480991144	29.37003358989392	60.42638503415989	31.409527326747416	763.65 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...
Sentinel-2	L1C_T35VPG_A020530_20200625T084033	2020-06-25T09:40:29.024Z	3.998	36VIM	59.402967480991144	29.37003358989392	60.42638503415989	31.409527326747416	774.16 MB	https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...

Рисунок 2.9 – Вариант таблицы-каталога фрагментов ДДЗ (других дистанционных данных)

А

№	Источники	Авторы
1	[SOURCES] and steps	
2	Glossary ER 55 - step 1 - terminology from two existing sources	
3	Access if	
4	source 1 TOPCONSS Gloss http://ronas.synology.me/topconss/	
5	source 2 ENDC_SYKE https://mot.kielikona.fi/mot/endc/mot_exe7U1wneed	
6		
7	Glossary ER 55 - step 2 - terminology from additional sources on ecosystem economy, mapping and modeling	
8	Suggested other sources	
9	Source 3 Geofab, second access for authors as pdf file	
10	Source 4 BSEP 122 and other issues	
11	Source 5 (conditional) 7 http://trbyst.ru/pages/ocobhka.html	
12	Source 6 Glossary of terms https://s3.amazonaws.com/earthdata.nasa.gov/earthdata.nasa.gov/sentinel-2/...	
13	Source 7 Ongoing projects BONUS MAPKES	
14		
15	Source 8 HAL: id: hal-01947 https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01947 Submitted on 5 Dec 2018	
16		
17		
18		
19		
20		
21	Authors and contributors	
22	Natalya Partner 2 ncd@nicre.ru	
23	Eida Partner 3 edwardsona@gmail.com	
24	Marina Partner 2 marina.orlov2012@gmail.com	
25	Anton Partner 2 antonov2012@gmail.com	
	sources of information and add	glossary database

Б

№	Term_class_en	Term_class_ru	Ter	Term_class_es	Term_en	Value	Modernity	elements
1	Address	concept terminology	(can also be in other sections)					Climate issues etc.
2								
3								
4								
5	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Aged shoreline (relict st Bo
6	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Archipelago
7	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Bay
8	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Beach
9	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Biodiversity
10	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Brackish water (subsali Bi
11	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Cape
12	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Coast line
13	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Coast type
14	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Coastal marine zone (CI Co
15	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Coastal zone
16	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Coastal zone relief
17	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Continental shelf
18	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Cumulative impact
19	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Delta
20	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Drying beach
21	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Dynamic coast classific De
22	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Embayed coast
23	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Environment
24	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Environmental sensitiv(R
25	Basic Terms	Общие термины	Pei	Pei	Pei	Pei	Pei	Estuary
		sources of information and add						glossary database

Рисунок 2.10 – Форма предоставления терминологических и иных словарных материалов. А – Лист с перечнем источников, авторов словаря, необходимыми иллюстративными материалами, Б – лист непосредственного размещения словарных статей по рубрикам, алфавиту и на необходимых языках

2.6. ГИС-картирование и выбор топографической основы

В связи с санкционным режимом будет использоваться имеющийся в доступе пакет QGIS, для интерполяции количественных данных и данных прямых измерений предполагается использовать различные подходы, в том числе см. Рис. 2.11.

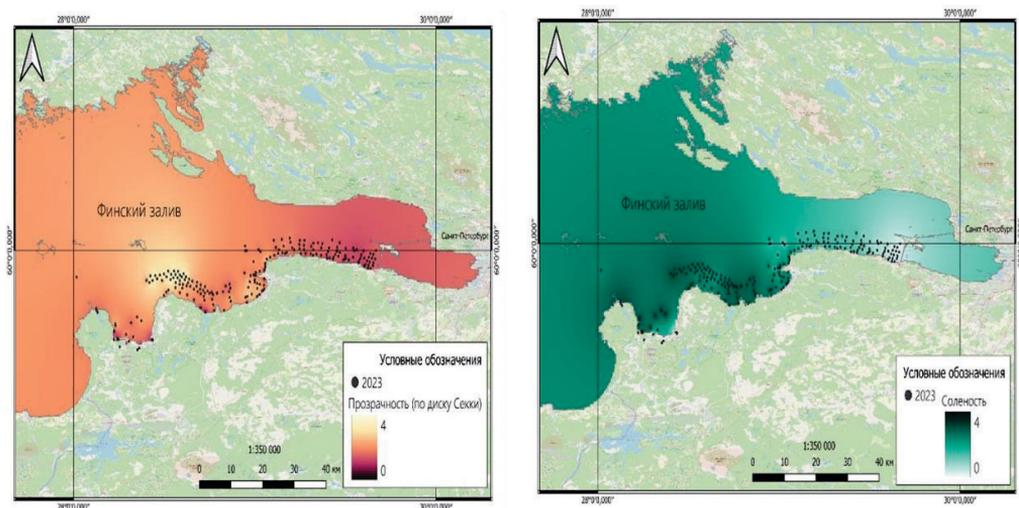


Рисунок 2.11 – Примеры ГИС картирования и интерполяций значений абиотических параметров (гидрооптических условий и солености) по итогам работ 2023 г., определяющие структуру и функционирование ключевых экологических группировок и видов гидробионтов. Интерполяция выполнена с использованием метода обратных взвешенных расстояний (<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/how-inverse-distance-weighted-interpolation-works.htm>)

Топографической основой для картирования донных биотопов служит ландшафтная модель дна акватории. Предварительная цифровая ландшафтная модель учитывает преимущественно абиотические свойства донных ландшафтов: батиметрию и данные по составу и генезису донных осадков.

Наиболее важный элемент основы – батиметрическая модель. При формировании батиметрической модели рельефа дна исходная информация по глубинам имеется в комплекте батиметрических карт Финского залива (сайт <https://da-fish.ru>). Данные по глубинам с координатной привязкой точек замера позволяют создавать батиметрические карты, объемные модели и разрезы дна по линиям одиночных профилей. Анализ батиметрических данных показывает, что рельеф дна характеризуется высокой расчлененностью (Рис. 2.12). Основные элементы рельефа: подводные береговые склоны крутые и отлогие; моренные холмы и гряды субмеридиональной ориентировки и их крутые склоны; плоские и волнистые мелководные, аккумулятивные равнины на глубинах 15-20 м и их отлогие склоны; плоские и пологонаклонные аккумулятивные равнины на уровнях глубин 10-16 м, 25м и 35м; узкие эрозионные субаквальные долины (погребенные речные долины) с глубинами 40-45 м.

При составлении ландшафтной схемы в прибрежной части предполагается учесть данные анализа проб, собранных в 2019-22 гг. при выполнении проекта ER 55. Пример предварительной ландшафтной картосхемы, содержащей

14 основных типов ландшафтов акватории на рисунке 2.13. На данный момент в качестве ключевых признаков, определяющих выделение ландшафтов, являются геоморфологический и литологический.

В последующие годы исследований предполагается верификация ландшафтной схемы, картирование более дробных подразделений в ранге фаций, и изучением биотической компоненты подводных ландшафтов. Предполагается провести исследования по профилям, пересекающих основные типы ландшафтов. Наблюдения будут выполняться методом дистанционного зондирования – гидроакустических исследований дна с помощью гидролокатора бокового обзора (ГЛБО) или видеосъемки подводным аппаратом. По их результатам будут выделены эталонные участки, предполагается выполнение детальных исследований ландшафтов: зондирование с густым шагом, подробное изучение состава фаций донных осадков, состав и распределение биоты с учетом имеющихся и новых данных. Информацию ячейки-эталона можно распространять на всю площадь данного типа ландшафта.

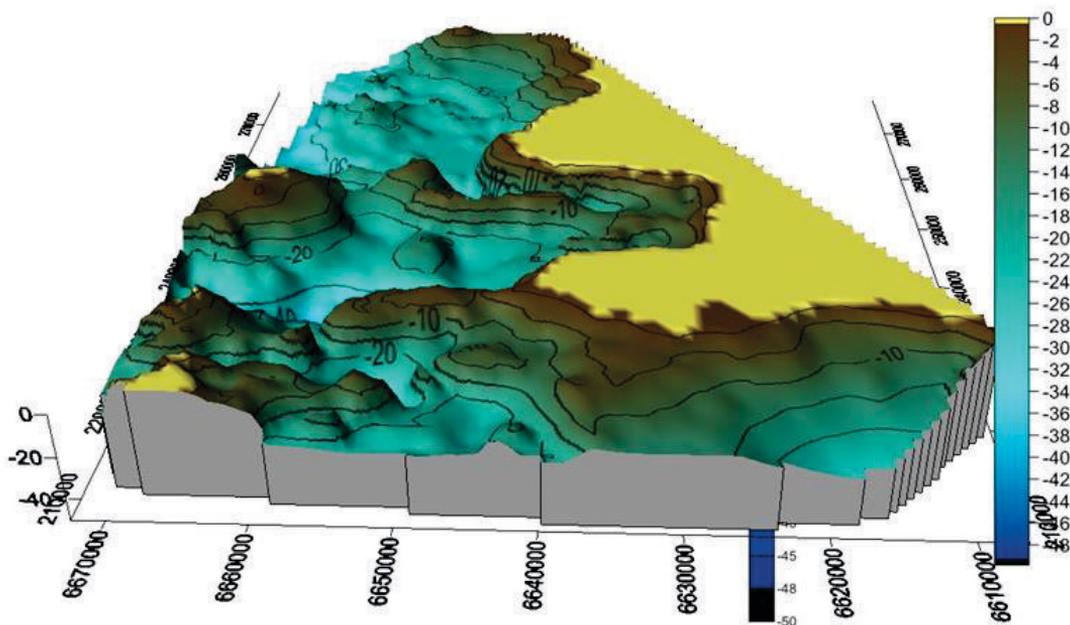


Рисунок 2.12 – Объемная модель рельефа дна южной части Финского залива

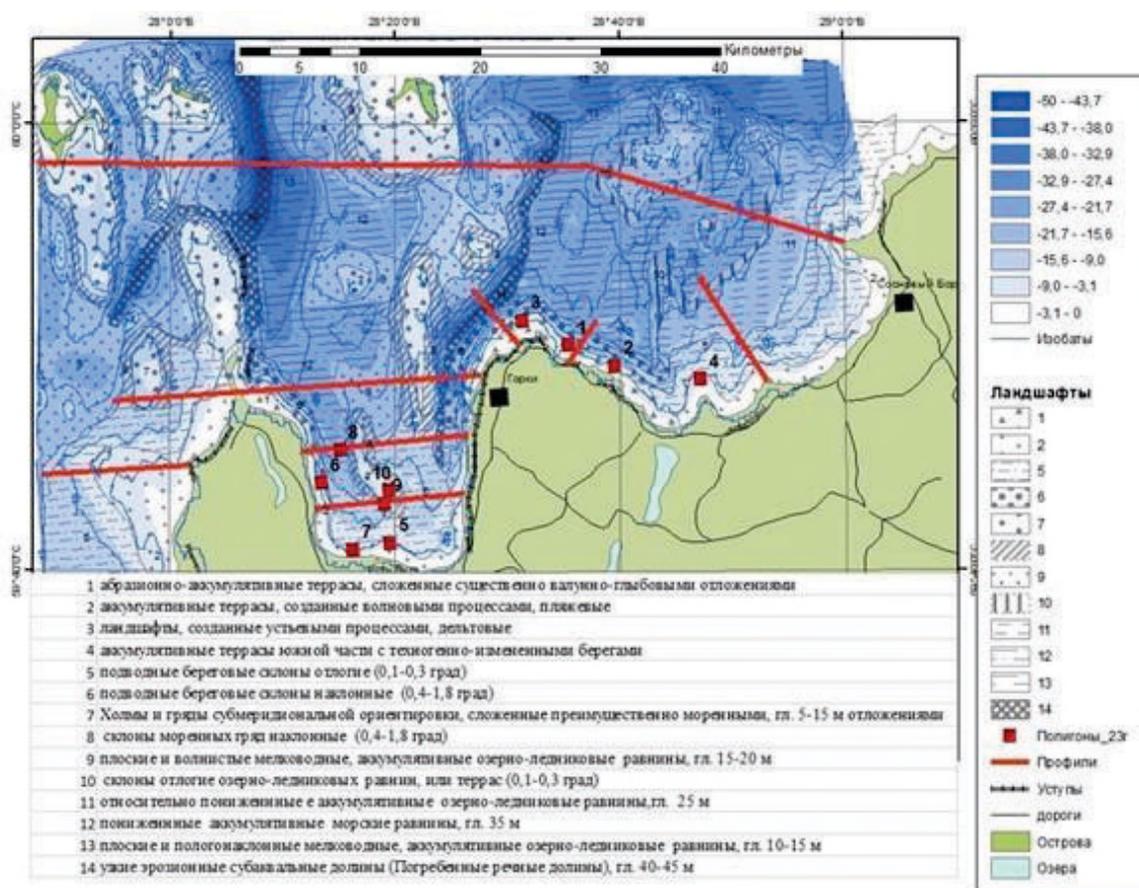


Рисунок 2.13 – Предварительная картосхема ландшафтов южной части Финского залива

2.7. Применение ГЛБО для выделения элементов донных ландшафтов

Одним из высокоинформативных неинвазивных подходов при исследовании донных ландшафтов является гидроакустический метод – применение гидролокатора бокового обзора (ГЛБО), который позволяет получать сонарную картину дна в виде изображений с высокой детализацией донных объектов и возможностью их четкой визуальной интерпретации.

Детальные гидроакустические исследования дна с помощью ГЛБО для изучения изменчивости донных ландшафтов в пределах береговой зоны южной части Финского залива на глубинах от 1,5 до 10,0 м на нескольких пробных полигонах были выполнены в 2023 г. Основные результаты изложены в Главе 7. Здесь на Рис. 2.14 приведен пример отстроенной по результатам проведенных работ мозаики изображений бокового обзора с одного из полигонов (расположен в западной части Копорской губы на диапазоне глубин от 1,5 до 10 м).

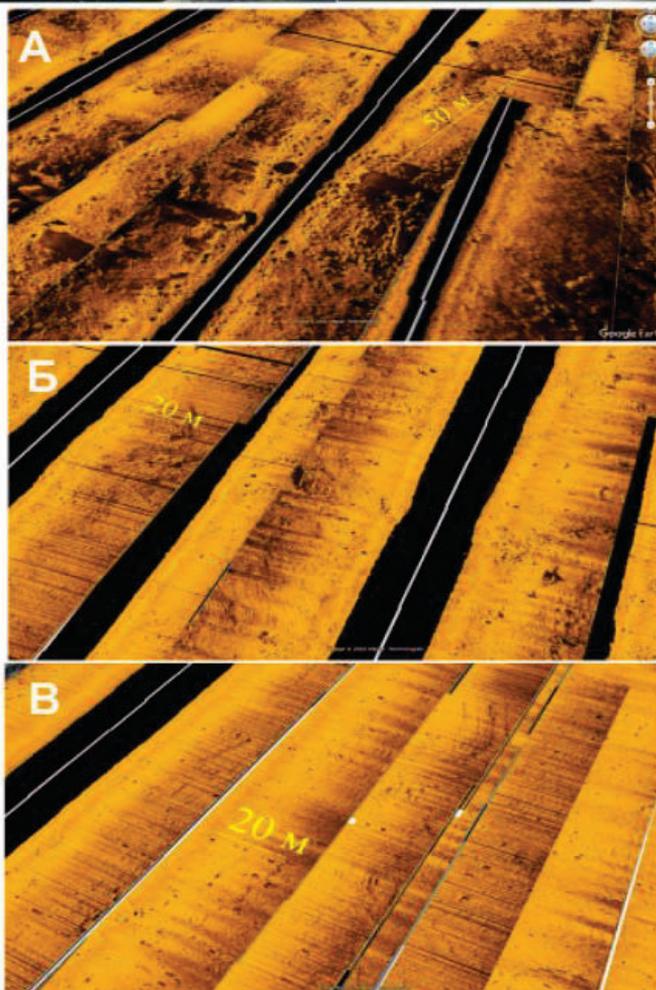
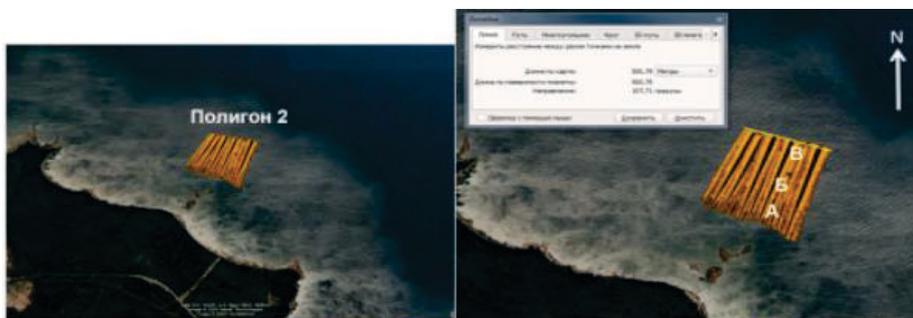


Рисунок 2.14 – Мозаика бокового обзора Полигона 2 с геопривязкой в Google Earth и визуализация поверхности дна отдельных участков полигона на разных глубинах по сонарным изображениям: А – наиболее мелководная часть (1,5-5,5 м); Б – средняя часть полигона (5,5-7,5 м); В – глубоководная часть полигона (7,5-10 м)

Анализ отдельных элементов и наложение батиметрических данных на полученную мозаику позволяет выделить отдельные фациальные участки – в случае данного полигона по литологии в качестве ключевого признака, их

выделено два (Рис. 2.15). Для первой фации, согласно полученным сонарным изображениям, характерно преобладание крупнообломочного материала (включая валуны размером до 1 м), отдельные участки, занятые песчаными отложениями в промежутках между крупновалунными отложениями, простирались до 50 м и занимали порядка 20-25% площади (Рис. 2.14 А). Вторая фация, начинающаяся с глубин порядка 6,5 м, занимала часть полигона, сложенная главным образом песчаными отложениями; очень небольшую долю занимали щебень, галька.

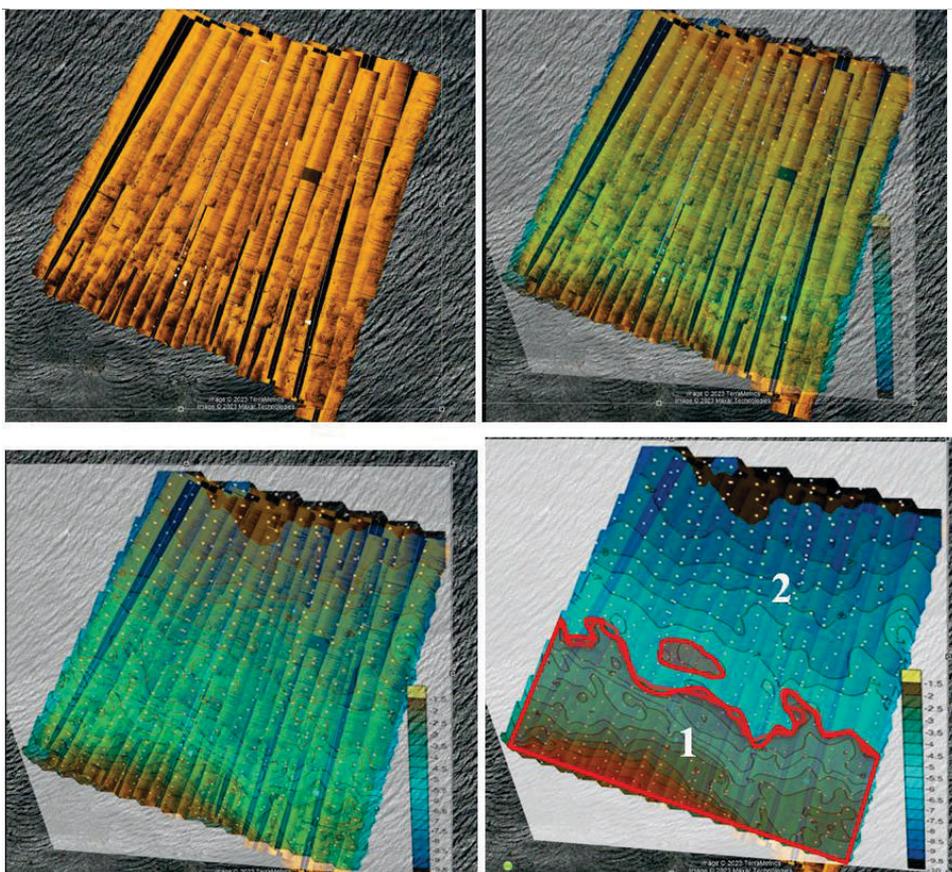


Рисунок 2.15 - Наложение батиметрической карты на мозаику с ГЛБО Полигона 2 и выделение ландшафтных фаций

Примечание: 1. Фация крупновалунных отложений с чередованием песчаных линз и щебеночно-гравийными полями до глубин порядка 6,5 м; биота – перифитон и псаммофильные виды; 2. Фация песка с мелкой щебенкой на глубинах 7-10 м и псаммофильной биотой.

В дальнейшем предполагается экстраполировать информацию, полученную при обследовании полигона, на площади развития аналогичных ландшафтных фаций всей исследуемой акватории.

2.8. Оценка функционирования популяций ключевых видов и экологических группировок

Оценка функционирования популяций будет производиться с использованием балансового подхода, позволяющего на основании базовой биологической и сопутствующей информации производить расчеты функциональных характеристик различных элементов биоты (на уровне популяций, поселений и сообществ): продукции, скоростей фильтрации и обмена, седиментации взвеси и других параметров, дающих возможность оценить формирование услуг и издержек в единицах массы и энергии. Пример апробации данного алгоритма имеется в Главе 9 применительно к фильтраторам меропланктона.

2.9. Исследование хозяйственных объектов и хозяйствующих субъектов

В настоящее время подготовлены раздаточные материалы для проведения информационно-аналитических исследований хозяйствующих субъектов в области энергетики и судоходства - основных бенефициаров модельных видов экосистемных услуг и объектов защиты от соответствующих издержек.

Энергетика

В качестве базовой системы опроса субъектов сектора традиционной энергетики предлагается использовать разработки для наиболее сложно организованного объекта – атомной электростанции, взяв за основу ранее разработанный нами документ МТ 1.2.1.15.1043-2015. Данный базовый продукт при необходимости может быть адаптирован для различных видов энергетических предприятий – тепловых и гидроэлектростанций, а также для объектов альтернативной энергетики с учётом наиболее вероятных для районов их размещения источников биопомех.

К сбору общих сведений о состоянии объекта в части проблемы обрастания и других биопомех на оборудовании СТВ приступают с использованием Листа 1 информационного опроса, используя при необходимости рисунки (наиболее вероятные объекты – источники биопомех, которые могут быть выявлены в ходе производственного экологического мониторинга, выполняемого отделами охраны окружающей среды предприятий, биолого-химического мониторинга, выполняемыми подрядными специализированными организациями и в периоды планового ремонта оборудования систем водоснабжения и охлаждения на

объектах энергетики) и возможные варианты ответов, расположенные под таблицей.

Для сбора сведений о применяемых мерах для превентивной защиты оборудования от развития обрастания, биоповреждений, по устранению сформировавшихся наносов, биоотложений, обрастания используют Лист 2. Он также содержит возможные варианты ответов, что, однако, не исключает и развернутого описания мероприятий в свободной форме на усмотрение хозяйствующего субъекта.

В качестве справочного материала приводятся краткие сведения по основным источникам биопомех водоёмов-охладителей крупных предприятий энергетики в европейской части России.

Полная версия, адаптированная для субъектов региона 78+47 имеется в Отчет... 2023.

Судоходство

Учитывая множественность происхождений компаний-владельцев, портов приписки и пути следования судов, эксплуатируемых в акватории Финского залива (и, соответственно, множественность источников первичных и вторичных инвазий чужеродных видов), существенного разнообразия типов судов, в том числе предназначенных для транспортировки оборудования, используемого в намывных и дноуглубительных работах (данный тип представляет собой новый вектор расселения донных беспозвоночных, специфика которых заключается с образе жизни и характере жизненного цикла) (Орлова, 2022), набор опросных листов для этой категории хозяйствующих субъектов приводится на двух языках – русском и английском. Впоследствии предполагается, что такой опрос по возможности будет проводиться ежегодно на репрезентативной выборке объектов (судов) разного типа.

Материалы к проведению информационного опроса по проблемам чужеродных видов и организмов-биодеструкторов, организованные в виде 8 опросных листов (questionnaires) и дополнительного, 9 листа. Каждый опросный лист снабжен либо таблицей, либо несколькими таблицами для внесения ответов, либо перечнем возможных ответов, либо и тем и другим. В некоторых таблицах в желтой заливке имеются примеры заполнения. В ряде случаев имеются перечни, из которых предлагается вычеркнуть все ответы, которые не соответствуют данному субъекту либо состоянию оборудования, либо обнаруженным биологическим объектам, оставив соответствующие.

Полная версия раздаточных материалов также имеется в составе одного их Приложений к Отчету СПбНЦ РАН по Госзаданию 2023 г (Отчёт..., 2023).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Д.А. Мироновой за ГИС-обработку данных (рисунки 2.5 и 2.11)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Метод обратных взвешенных расстояний. [Электронный ресурс]. – URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/how-inverse-distance-weighted-interpolation-works.htm> (дата обращения 20.11.2023).

Орлова М. И., Рябчук Д. В., Жамойда В. А., Неевин И. А., Сергеев А. Ю. Особенности пространственной изменчивости абиотических элементов подводных ландшафтов и поселений донных макробеспозвоночных северной береговой зоны восточной части Финского залива. Региональная экология // 2014. – Т. 35(№1-2). - С. 29-38.

Отчет о НИР 2004. Развитие системы мониторинга биологического загрязнения экосистем бассейна Финского залива. Контракт № 152. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга. Алимов А. Ф. (руководитель), Орлова М. И. (отв. исполнитель), Флоринская Т. М. (координатор) и др., СПбНЦ РАН.

Отчет о НИР 2005. Аprobация системы мониторинга биологического загрязнения экосистем бассейна Финского залива. Контракт № 132. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга. Алимов А. Ф. (руководитель), Орлова М. И. (отв. Исполнитель), Флоринская Т. М. (координатор) и др., СПбНЦ РАН.

Отчет о НИР 2006. Мониторинг биологического загрязнения водных экосистем бассейна Финского залива. Контракт № 326. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга. Алимов А. Ф. (руководитель), Орлова М. И. (отв. Исполнитель), Флоринская Т. М. (координатор) и др., СПбНЦ РАН.

Отчет о НИР 2007-2008. Мониторинг чужеродных видов. Контракт № 532 Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга. Алимов А. Ф. (руководитель), Орлова М. И. (отв. Исполнитель), Флоринская Т. М. (координатор) и др., СПбНЦ РАН.

Отчет МТ..., 2015. Методика «Ведение биолого-химического мониторинга систем циркуляционного и технического водоснабжения атомных станций МТ 1.2.1.15.1043-2015. (составители М. И. Орлова, Е. В. Строгова, В. В. Кузьмин).

Отчёт о НИР 2023. «Разработка прогноза динамики структурно-функционального разнообразия и услуг экосистем; совершенствование подхода к оценке экономического прогресса в регионе Финского залива как части Северо-Западного федерального округа Российской Федерации с учётом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона в контексте эксплуатации биотических элементов природных комплексов на примере подводных ландшафтов в условиях естественных и

техногенных воздействий» Тема FMRU-2023-0002 Государственного задания (промежуточный, этап 1).

Региональная экология // 2015. – Т 38(№3).

Kaskela et al., 2017 Kaskela A. M., Rousi H., Ronkainen M., Orlova M., Babin A., Gogoberidze G., Kostamo K., Kotilainen A. T., Neevin I., Ryabchuk D., Sergeev A., Zhamoida V. Linkages between benthic assemblages and physical environmental factors: The role of geodiversity in Eastern Gulf of Finland ecosystems. *Continental Shelf Research* 142, 2017: 1-13.

ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УСЛУГ И ИЗДЕРЖЕК ЭКОСИСТЕМ, ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА КОНЦЕПЦИИ ПРИРОДНОГО КАПИТАЛА

Скачкова С.А.

*ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: svskachkova@mail.ru*

ВВЕДЕНИЕ

В России, обладающей огромными морскими ресурсами и являющейся донором экосистемных услуг для всего мира, необходима работа по организации экономической оценки экосистемных услуг в интересах принятия управленческих решений в области природопользования. Объект данного обзора – морские экосистемные услуги и их экономическая оценка. Обзором путём анализа открытых источников (результатов исследований, международных программ и соглашений), описывающих основные подходы к оценке экосистемных услуг в водных и наземных экосистемах и их экономическому сопровождению, оценена возможность их применения в России, в частности в восточной части Финского залива для сохранения баланса между социальными, экономическими и экологическими задачами развития (Национальная..., 2001).

3.1. Теоретические и концептуальные эколого-экономические исследования, модификация исследовательских подходов в современных условиях

Традиционная интерпретация экономических целей в отношении природы на протяжении долгого времени определяла только эксплуатационную составляющую ресурсопользования, формирования богатства¹⁾. С появлением экологических ограничений были подняты вопросы охраны и сохранения качества окружающей среды, обеспечения условий долговременного развития общества и оценки негативных последствий деятельности человека. – природно-ресурсного направления экономических оценок (Таблица 3.1).

Сложившееся на современном этапе научное представление об антропогенном вмешательстве в экосистемы представлено доминирующей теорией, включающей понятия концепции природного капитала, экосистемный подход, оценки услуг и издержек экосистем и т.д. Методология научных исследований эколого-экономического характера потребовала уточнения понятий, связанных с обеспечением условий жизни человечества в долгосрочном периоде, то есть устойчивого развития. К наиболее значимым и

¹⁾ В качестве важнейшего ресурса, используемого повсеместно человечеством, традиционно принято считать землю, как источник формирования богатства. Расширение понятия – земля, до осознания и включения более глубокого междисциплинарного смысла – природные ресурсы, природа, природные (экосистемные) услуги, и природный капитал – прослеживается на протяжении развития экономической теории, предчувствие которого уже отмечается в конце XVIII в.

связанным дивидендам относятся понятия: природные ресурсы, компоненты природной среды, природный капитал, экосистемный подход, экосистемные (природные) услуги.

Таблица 3.1 – Развитие базовых понятий экономической мысли природно-ресурсного направления (составлено по Природный...; Поляков, 2021)

Физиократы (XVIII в)	
Ф. Кенэ, А. Тюрго	Ресурс: земля (природа) – источник формирования богатства
Классическая школа	
У. Петти	Ресурс: земля – важнейший фактор производства Труд – отец богатства, а земля – его мать
А. Смит	Основной капитал состоит из машин..., построек, земли и приобретенных полезных способностей всех жителей и членов общества. Источник стоимости – рента, получаемая от присвоения природных ресурсов
Ж.-Б. Сэй	Труд, земля, капитал на равных участвуют в производстве (создании стоимости). Даровой характер природного богатства определяет невозможность ценовых характеристик
Д. Рикардо	Ресурс: земля – отсутствие вклада в создание меновой стоимости. Земля как фактор производства не создает стоимость товаров
М. Блауг	Земля – ресурс физический. Улучшение качества – результат прошлого труда
Т. Мальтус	Ресурсы Земли ограничены; · из-за вовлечения в оборот худших земель отдача вложенного труда и капитала будет снижаться.
Д.С. Милль	В природные ресурсы включены почва, климат, полезные ископаемые, природная вода, электроэнергия, судоходные реки и хорошие гавани. Не обладающее меновой стоимостью не является богатством (воздух)
К. Маркс	Совокупность природных ресурсов – естественное богатство, требующее опосредования трудом. Природные ресурсы не имеют стоимости до тех пор, пока к ним не будет приложен человеческий труд.
Неоклассическая школа	
А. Маршалл	Природные ресурсы и факторы имеют условные отличия от капитала
Фон Тюнен	Земля, служит общим обозначением ... понятия, или моря и реки, солнечного света и дождя, ветра и водопадов.
Дж. П. Марш	Негативное воздействие антропогенной деятельности на состояние естественной природной среды, необходимость геоэкологизации развития (Марш, 1866)
Г. Хотеллинг и Ф.П. Рамсей	1910 – 1930 гг. – опасения по поводу истощения природных ресурсов для будущих поколений
Р. Солоу	Природные ресурсы – полезные ископаемые, являются капиталобразующим активом для общества
Дж. Хансен	Природные ресурсы – продукт рынка. Природная среда – подсистема в экономической системе
А Стратон	Вторая половина 20 в – Природные ресурсы обладают капиталобразующей функцией
Р. Констанза, Х. Дейли	Природный капитал - актив, порождающий потоки природных ресурсов и услуг. Оценка природного капитала должна быть всесторонней и осуществляться, в следующем порядке: экологическая, социальная и экономическая.

Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» определяет понятие «природные ресурсы» как компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и

предметов потребления и имеют потребительскую ценность (Федеральный..., № 7-ФЗ).

В свою очередь, приведенное там же понятие «компоненты природной среды», включает следующие составляющие - землю, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле. Морские воды как часть мирового океана и важнейшая часть природной среды, как источник природных ресурсов для стран всего мира, являются важным элементом национального богатства, а, следовательно, природным капиталом.

Учет экосистемных услуг в цене рыночных и нерыночных благ и услуг - один из приоритетных моментов в осуществлении политики устойчивого развития, которое подразумевает ответственное потребление природных ресурсов и оценку хозяйственной деятельности человека в свете долгосрочных эффектов, оказываемых ею на окружающую среду. Как отмечено Научно-экспертным центром устойчивого развития и охраны окружающей среды Института биологии развития им. А. Н. Кольцова Российской академии наук, «за последние 50 лет почти 60% экосистемных услуг в мире подверглись деградации в результате воздействия человека. Среди объективных глубинных причин мы можем выделить две общие: несовершенство традиционной рыночной модели и неэффективность национальной политики. Одной из серьезных проблем является низкая цена/полезность или сильно заниженная стоимость подавляющего большинства экосервисов» (Center..., 2015).

В контексте концепции устойчивого развития экосистемные услуги понимаются как ресурсные, регулирующие, культурные и другие услуги, что принципиально соответствует основным функциям биологического разнообразия (Национальная Стратегия..., 2001). Это выгоды, которые люди получают от экосистем (Millennium..., 2005). В последние годы понятия экосистемные услуги и природный капитал связывают через экономические термины стоимостного характера (Бобылев, 2009).

Из множества определений можно выделить наиболее используемые:

1. «Природный капитал» – совокупность природных активов, предоставляющих человеку природные ресурсы (природное сырье) и услуги экосистем (Титова, 2014).

2. «Природный капитал» – совокупность природных активов как комплекс элементов живой и неживой природы, в процессе своего взаимодействия формирующих биофизическую среду, предоставляющую комплекс выгод, имеющих важнейшее значение для человека и цивилизации в целом (System of ..., 2023).

Понятие «экосистемный подход» применительно к морским экосистемам закрепил Международный совет по исследованию моря (ICES) как «всестороннее комплексное управление деятельностью человека на основе наилучших научных знаний об экосистеме и ее динамике в целях выявления и принятия мер в отношении факторов, которые имеют решающее значение для «здоровья» морской экосистемы, тем самым обеспечения устойчивого использования экосистемных товаров и услуг и поддержание целостности экосистемы» (Титова, Родионов, 2017).

В дальнейших научных исследованиях второй половины 20-го столетия дифференцируются экосистемные услуги, перечень их расширяется по мере продвижения исследований: необходимость очищения воды и атмосферного воздуха, ассимиляции и обезвреживания отходов, сохранения биоразнообразия в интересах производства, борьбы с вредителями и болезнями, формирования и сохранения почвенного покрова, защиты от ультрафиолетового излучения, контроля процесса динамики поглощения и выделения углерода, стабилизация климата, предотвращение опустынивания и пр.

3.2. Законодательные инициативы природоохранного характера ведущих экономик мира

К числу государств и союзов, обративших внимание на оценку воздействия на окружающую (ОВОС) среду следует отнести США, ряд европейских стран: Испания, Португалия, Финляндия, Швеция, Чехия, Эстония, Латвия, Литва, Венгрия, Мальта, Польша, Румыния, Словакия, Словения, Болгария – ЕІА, 1985 г, Бразилия 1981 г, Российская Федерация 2002 г, Индия 2002 г. и т.д.

1. Закон об охране окружающей среды США (NEPA..., 1969). Этот закон требует от федерального правительства производить оценку воздействия на окружающую среду при принятии решений, которые могут существенно повлиять на окружающую среду.

2. Европейская директива об оценке воздействия на окружающую среду (Директива..., 2014), требующая от стран ЕС проводить оценку воздействия на окружающую среду для определенных типов проектов.

3. Ряд законов в Бразилии, регулирующих охрану окружающей среды, начиная с 1981 года, Закон «О национальной экологической политике» (National Environmental Policy), принятый 31 августа 1981 года: этот закон устанавливает общие принципы охраны окружающей среды и требует проведения оценки воздействия на окружающую среду (Porter, 2024).

4. Закон РФ "Об охране окружающей среды" (Федеральный..., 2002): в соответствии с этим законом, оценка воздействия на окружающую среду является обязательной при планировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации предприятий, зданий и сооружений.

5. Закон о биоразнообразии Индии (Национальный..., 2002): этот закон требует оценки воздействия на окружающую среду для определенных видов деятельности, которые могут существенно повлиять на биоразнообразие.

Законотворческие инициативы могут варьироваться в зависимости от страны и региона, однако к объектам планетарного значения требуется согласованное регулирование решений по поводу использования ресурсов. Таким знаковым явлением стала Стокгольмская конференция ООН по охране окружающей среды в 1972 г, после которой в мире стали развиваться механизмы защиты окружающей среды, в том числе, морей, этапы становления описаны в работе (Титова, 2014).

Сложившаяся система предотвращения деградации морских экосистем разбита на 3 этапа.

В течение первого этапа 1972 – 1991 гг. были разработаны 3 концепции:

- концепция комплексного управления прибрежными зонами;
- концепция комплексного управления прибрежными и морскими зонами в пределах 200-мильных исключительных экономических зон;
- концепция больших морских экосистем;

В период второго этапа 1992 – 2000 гг:

- концепция экосистемного управления морепользованием на принципах устойчивого развития;

Третий этап с 2001 г. – привнесение в интегрированное управление морской деятельностью методов пространственного планирования.

К объектам планетарного масштаба относятся воды мирового океана, включающие моря, озера и реки, имеющие территориальную локацию. Сформированные биоценозы обладают характерными свойствами и определенными объемами, изменение которых приводит к динамическим трансформациям с неясными последствиями различного масштаба. Усиление антропогенного воздействия, особенно в прибрежных морях, связано с ростом

загрязнений (увеличение стоков из систем водосбора на суше, судоходства, подводного недропользования, захоронения различных отходов, включая радиоактивные вещества и сильнодействующие токсичные соединения, рекреационной деятельности, трансграничного переноса загрязнений атмосферы, связанных с выбросами устойчивых органических веществ, тяжелых металлов, соединений серы и азота промышленными, энергетическими и транспортными источниками и т.д.) и истощением запасов основных промысловых биоресурсов, нарушением трофических цепей и разрушением среды обитания (Матишов, Титова, 2020).

3.3. Концепции общей экономической ценности и экосистемных услуг в российских исследованиях

В российских исследованиях, посвященных эколого-экономической проблематике и вопросам экономики природопользования, опираясь на ряд работ (Бобылев, Захаров, 2009; Матишов, Титова, 2020; Пахомова, 2024; и др.), следует выделить концепцию общей экономической ценности (ОЭЦ) экосистемных услуг.

На современном этапе традиционное научное представление ценности экосистемных услуг, предоставляемых природой, включает два больших блока – стоимость использования и стоимость неиспользования. Первая составляющая формируется из прямой стоимости использования, стоимости использования косвенной, стоимости отложенной альтернативы. Вторую составляющую можно интерпретировать как стоимость существования.

Для морских экосистем наиболее хорошо определяется прямая стоимость²⁾ использования, включающая рыночные методы оценки выловленной рыбы,

²⁾ В международных отношениях, в экономике природопользования и окружающей среды экосистемные услуги все чаще связываются с такими терминами как «платежи за услуги», страна - «экологический донор», «компенсационный механизм», «долги в обмен на природу». Появились фундаментальные международные исследования, посвященные экономике экоуслуг (среди них «оценка экосистемных услуг на пороге тысячелетия», (Millennium..., 2003, 2005), (труд подготовлен под эгидой ЮНЕП коллективом, насчитывающим более чем 1000 ученых из различных стран); проект европейского сообщества «Экономика экосистем и биоразнообразия», (ТЕЕВ..., 2008); разработки экологического департамента Всемирного Банка, международного союза охраны природы (IUCN), в 2000-х гг. и др.). Наряду с теоретическими разработками, примеры экономической оценки и компенсации экосистемных услуг появились в мировой практике и в отдельных странах. Киотский протокол, в определенной степени, стал первой попыткой мирового сообщества в глобальном масштабе включить экосистемные услуги, платежи за них и компенсацию отдельным странам в международные и национальные экономические механизмы для борьбы с изменением климата. расширяются попытки реализовать механизм платежей за экосистемные услуги внутри отдельных стран.

биоресурсов и др. полезных для человека продуктов моря, имеющих экономическую ценность.

Оценка экосистемных услуг требует практики организации информационного мониторинга показателей, выбранных для выявления происходящих изменений в системе геобioфизических и экономических структур. Существующая практика мониторинга в системе экономических исследований экономики природо- и морепользования - согласно терминологии акад. Г.Г.Матишова, находится на начальном этапе и требует поддержки со стороны регулирующего начала и лиц, принимающих решения. Настоящим проектом ввиду отсутствия методологии экосистемного подхода, учитывающего все звенья процесса формирования и использования услуг – объекты и субъекты разработан целевой интегративный подход (Глава 2).

Для экономической оценки экосистемных услуг и формирования механизма компенсации/платежей за нее в реальной экономике можно выделить, шесть этапов (Бобылев, 2021):

- идентификация экосистемной услуги;
- квантификация (количественная оценка) экоуслуги;
- определение ее экономической ценности;
- определение поставщика и собственника экосистемной услуги;
- определение бенефициара (получателя) выгод от услуги;
- формирование механизма платежей (компенсации) за экоуслуги

По международной классификации, принятой в 2010 г. и отраженной в руководствах по оценке экосистем и биоразнообразия (ТЕЕВ..., 2010), они делятся на *обеспечивающие, регулирующие, культурные и поддерживающие услуги*. Данная классификация используется и в настоящей коллективной монографии. Примерные перечень и структура экосистемных морских услуг приведена в таблице 3.2. Данный перечень был использован при планировании полевых работ и уточнения на основе исследований 2023 г. набора модельных услуг из каждого типа, для последующих исследований в рамках темы, составления регионального перечня экосистемных услуг и издержек, формируемых на акватории восточной части Финского залива (ВЧФЗ).

По первому показателю – «Пища» из раздела «Продукты, получаемые от экосистем» результаты анализа динамики наблюдений за последние годы в районе Финского залива Балтийского моря показали нестабильный характер добычи водных биоресурсов (Отчет..., 2023, Часть 4). Экономическая оценка других составляющих концепций экосистемных услуг или общей

экономической ценности в зависимости от выбора стратегии предполагает согласование методов расчетов применительно к исследуемому объекту – Восточной части Финского залива. Апробация использования балансового подхода в рамках биопродукционного направления (см. Главы 2,9) будет осуществлена для части модельных видов услуг в 2025-2026 гг. (см. Заключение).

Таблица 3.2 **Примерные перечень и структура экосистемных морских услуг** (составлено с использованием Матишов, Титова, 2020)

Обеспечивающие услуги	Регулирующие Услуги	Культурные услуги	Поддерживающие Услуги
Продукты, получаемые от экосистем	Выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов	Нематериальные выгоды, которые человек получает от экосистемы	Услуги, необходимые для производства всех других экосистемных услуг
Пища Морская вода (Пресная вода) Природное сырье Биохимические соединения Генетические ресурсы Получение энергии	Регулирование климата Регулирование болезней Биоочистка загрязнений микрорганизмами (обеспечение качества воды) Контроль наводнений Перенос пыльцы и семян с ветром и течениями Резервуар речного стока и тающего льда	Духовные и религиозные ценности Рекреация и экотуризм Эстетические Вдохновение Образовательные Природные красоты Чувство места Культурное наследие, разнообразие	Производство первичной продукции Почвообразование Трофические связи Круговорот питательных веществ, воды Фотосинтез Ассимиляция загрязнений Депонирование CO ₂

3.4. Недооценка вклада экосистем в благосостояние человечества

Недооценка вклада экосистем в благосостояние человечества частично объяснялась тем, что этот вклад не подвергался измерениям в такой же степени, как экономические товары и услуги и физический капитал (Costanza, 1997).

Относительно новые разделы экономической теории, такие как экономика окружающей среды (Goulder, 2009), предлагают расширить неоклассический подход, который ориентируется на оптимизацию производственного процесса, продиктованную только условиями рынка. Этот более широкий взгляд учитывает материальные и социальные издержки, являющиеся частью экономической активности (Braat, 2008). В прошлом отмечено немало примеров

недооценки экосистемных услуг, результатом которой становились большие потери³⁾.

3.5. Ценность поставок экосистемных услуг

Ценность может вычисляться посредством того, какими другими товарами, услугами или денежными средствами люди готовы пожертвовать, чтобы обеспечить защиту экосистемной услуги. Это называется **готовность платить (willingness to pay)**. Обратный случай - когда люди готовы принять некоторые товары и услуги в обмен на отказ от использования экосистемной услуги – называется **готовностью принять компенсацию (willingness to accept)**.

Все оценочные методы, по сути, пытаются выявить готовность платить, применяя разные способы, выработанные для определенных типов информации. Также можно провести аналогию с потоками и запасами капитала в экономике и признать наличие их в отношении экосистемных услуг. **Ценность потоков** – ценность, получаемая в течение определенного периода времени. **Ценность запасов** – сумма всех ценностей потока, которые можно получить от экосистем в будущем. И хотя, по сути, эти две категории есть отражения одного и того же феномена, очень важно их различать. Например, при введении ограничения рыболовства в обедненных районах моря, ценность потока уменьшается, но ценность запасов явно увеличивается. И, несмотря на уменьшение доходов от рыболовства в течение года, запасы увеличиваются, а их ценность наращивается. Оценка экосистемных услуг в денежном выражении позволяет провести анализ выгоды затрат, после которого можно принимать решения относительно того, какой вариант действий предпочтительней в каждой конкретной ситуации.

³⁾ Хрестоматийный пример – ситуация в Москве и Подмосковье летом 2002 и 2010 гг., когда город оказывался окутан смогом из-за горящих торфяных болот. Во многом это происходило из-за безграмотной политики осушения болот для создания сельскохозяйственных угодий, дачных поселков, дорог, использования торфа в качестве топлива и т. д. Никто не оценивал такие экосистемные услуги болот, как накопление и очищение воды, поддержка водного баланса на огромных пространствах, связывание углерода (Бобылев, Захаров, 2009, с. 22) «Экономический ущерб от пожаров был огромен даже без учета таких тонких категорий, как ущерб от заболеваемости и смертности: большие затраты на тушение горящего торфа; гибель имущества и домов в поселках и деревнях в районах пожаров; гигантские массивы сгоревшего леса; рост заболеваемости в Москве и Подмосковье в результате смога (отсюда и вполне оцениваемый рост расходов населения на лекарства, медицинскую помощь); недопроизводство продукции из-за заболеваемости и снижения производительности труда; временное снижение производства в результате решения московского правительства об ограничении деятельности особо загрязняющих предприятий; убытки из-за затруднений в работе транспорта, рост его аварийности и многое другое» Там же, с.22.

С точки зрения комплексности оценки и экономической дифференциации экосистемных услуг перспективной является **концепция общей экономической ценности (стоимости) (TEV – total economic value)**» (Бобылев, Захаров, 2009, с. 26). Далее в работе используется классификация разных видов ценности согласно докладу проекта «Экономика экосистем и биоразнообразия» (ТЕЕВ..., 2010).

Общая экономическая ценность может определяться через ценность использования (UV – utility value) и ценность неиспользования (NUV – non-use value) оцениваемого ресурса. Под ценностью использования понимается объективная способность ресурса удовлетворить конкретную потребность человека.

Ценность неиспользования отражает ценность, приписываемую индивидами тем природным ресурсам, которыми они не пользуются напрямую.

Ценность использования далее можно разделить на ценность активного или прямого использования (DUV – direct use value), **ценность косвенного использования** (IUV – indirect use value) и **ценность отложенной альтернативы** (OUV – option utility value).

Ценность прямого использования включает те услуги, которые потребляются человеком напрямую. **В ценность прямого использования** включаются следующие морские и береговые экосистемные услуги: *1) морские и береговые рекреационные и туристические услуги; 2) выращенные искусственно и встречающие в естественной среде морские организмы, имеющие рыночную стоимость.*

Ценность косвенного использования включает услуги, которые не потребляются индивидами напрямую, но обеспечивают функционирование морских экосистем и выживание морских организмов. К ним можно отнести услуги, включенные в категории регулирующих и поддерживающих услуг, такие как связывание углерода океаном или биоочистка отходов морскими организмами. Поэтому зачастую ценность косвенного использования применяется в глобальном или в довольно широком региональном масштабе, с помощью него можно выявить ценность услуги для наибольшего территориального охвата.

Ценность отложенной альтернативы отражает индивидуальную готовность платить за содержание или сохранение услуги, поскольку существует вероятность того, что индивид в будущем ей воспользуется, какой бы малой эта вероятность ни была. Сюда можно отнести такой пример, как оценка стоимости

сохранения природного ресурса, находящегося под угрозой исчезновения, с целью его защиты и возможного использования в будущем.

Ценность неиспользования, в свою очередь также делится на составляющие: ценность наследства (BV – bequest value), альтруистическую ценность (AV – altruistic value) и ценность существования (EV – existence value). Эти две категории легко спутать с вышеупомянутой категорией внутренней присущей ценности, поскольку их довольно сложно преобразовать в денежную форму. Но, тем не менее, существуют различные методы, речь о которых пойдет далее, которые все-таки позволяют приблизительно оценить их.

Ценность наследования включает то, насколько ценным является для нынешнего поколения обеспечение биоразнообразия и функционирования экосистемных услуг для будущих поколений. Это обусловлено озабоченностью индивидов тем, чтобы будущие поколения имели доступ к ресурсам и возможностям, доступным сейчас им самим.

Основная ценность заключается в осознании человеком того, что существующие ресурсы и возможности передадутся потомкам. Можно проследить данный подход в работах, касающихся ценностей, например, предметов палеоискусства и пр. (Beaumont, 2023).

Альтруистическая ценность повторяет этот принцип, помещая его в рамки одного поколения.

Ценность существования рассчитывается на основе следующего принципа: человек получает выгоду, просто осознавая факт существования морского биоразнообразия и морских экосистемных услуг. Уравнение общей экономической ценности:

$TEV = UV + NUV = (DUV + IUV + OUV) + (BV + AV + EV)$, где:

- TEV – общая экономическая ценность (total economic value);
- UV – ценность использования (utility value);
- NUV – ценность неиспользования (non-use value);
- DUV – ценность активного или прямого использования (direct use value);
- IUV – ценность косвенного использования (indirect use value);
- OUV) – ценность косвенного использования (indirect use value);
- BV – ценность наследства (bequest value);
- AV – альтруистическую ценность (altruistic value);
- EV – ценность существования (existence value).

Применительно к оценке экосистемных услуг Баренцева моря формула включает: ценность добываемых биоресурсов + стоимость биоресурсов, обеспечивающих функционирование и выживаемость морских организмов +

ценность запасов гидробионтов, обеспечивающих воспроизводство + ценность гидробионтов, потребляемых треской (Васильев, 2017).

Приведенная формула была применена для оценки экосистемных услуг Баренцева моря в Институте экономических проблем им Г.П. Лузина (ИЭП КНЦ РАН). В качестве аналитического материала использовались данные о стоимости биоресурсов в воде, по которым они продаются на аукционах.

Для того чтобы подсчитать общую экономическую ценность ресурсов и экосистемных услуг, используются различные экономические методы оценки стоимости. Каждый метод оценки имеет свои сильные и слабые стороны, и предпочтение одного другому обычно зависит от того, что нужно оценить (ценность использования, неиспользования или TEV), от целей оценочного исследования, доступности информации и ограничений различных оценочных методов (Naber et al., 2008).

3.6. Методы оценки ценности в рамках подхода TEV

Методы оценки ценности в рамках подхода TEV можно разделить на три категории: 1) методы прямой рыночной оценки, 2) методы выявленных предпочтений, 3) методы установленных предпочтений. Они, в свою очередь, также делятся на ряд более подробных подходов, которые также перечислены в докладе проекта «Экономика экосистем и биоразнообразия» (The Economics... Chapter 5..., 2010).

1) Методы прямой рыночной оценки. Их главное преимущество – это то, что они используют информацию с реальных рынков, и, таким образом, отражают реальные предпочтения индивидов. К тому же необходимую для определения ценности таким способом информацию достаточно легко найти.

- Подходы, основанные на *информации о рыночной цене*, используются в ситуациях, где требуется оценить обеспечивающие услуги, поскольку соответствующая продукция обычно поступает на рынок и, соответственно, имеет денежное выражение своей цены.

- Подходы, основанные на *расчете издержек*, основаны на оценке затрат, которые пришлось бы понести, если бы экосистемные услуги пришлось создавать или восстанавливать искусственным образом. Различные вариации этого метода включают:

- (а) *метод устраненных издержек* – имеются ввиду издержки, могущие возникнуть в случае отсутствия экосистемной услуги;

- (б) *метод оценки замещения* – определяет издержки на замещение естественных услуг искусственными технологиями;

- (в) *метод оценки стоимости восстановления (реабилитации) экологического объекта, экосистемы* - издержки на устранение отрицательных эффектов от утраты экосистем или издержки на восстановление этих услуг.

– *Метод производственных функций* определяет ценность ресурсов и функций экосистем, не продающихся на рынке, посредством оценки их участия в производстве других услуг, которые уже имеют рыночную цену. Этот подход использует научное знание о причинно-следственных связях между оцениваемой экосистемной услугой и объемом производства потребительских товаров. И оценка с помощью этого метода возможна в условиях достаточного обладания этими знаниями, которое в первую очередь подразумевает возможность объективного измерения биофизических параметров.

2) Методы выявленных предпочтений позволяют делать заключения о ценности блага или услуги, исходя из наблюдаемого поведения потребителей.

- *Метод транспортных затрат:* в основном, область его применения – определение рекреационной ценности местности.

- Транспортные расходы населения для посещения мест отдыха используются в качестве заменителей цены рекреационного объекта, а частота его посещения выражает количество приобретенного рекреационного «товара». Изменения в путевых затратах и частоте поездок используются для построения кривых рекреационного спроса и вычисления потребительского дохода от рекреации, т.е. рекреационной ценности экологического объекта.

- *Метод гедонистического ценообразования* использует спрос на экологическую составляющую рыночного товара, уже встроенный в его цену. Например, недвижимость стоит дороже в экологически чистых местах, поэтому исследование соответствующей функции спроса может выявить ценность экосистемных услуг, не охваченных рынком. Ценность экосистемных услуг может быть рассчитана путем анализа ситуации, в которой потребитель готов дополнительные деньги за лучшие экологические характеристики.

3) Методы установленных предпочтений симулируют условия рынка и спрос на экосистемные услуги с помощью опросов о гипотетических изменениях в поставке экосистемных услуг.

- *Метод субъективной оценки стоимости:* используются опросы, которые выявляют готовность респондентов заплатить за увеличение или улучшение поставки экосистемной услуги, или, напротив, за какую цену они согласились бы на ее ухудшение или потерю.

- *Моделирование выбора* – это попытка смоделировать процесс принятия решений индивидом в определенном контексте. Респондентам предлагается сделать выбор в пользу одной из альтернатив с общим набором параметров в разных модификациях.

- *Групповая оценка* – объединяет методы установленных предпочтений с групповым обсуждением, в рамках которого можно добиться плюрализма в оценках и более многостороннего освещения вопроса.

Все вышеприведенные оценочные методы имеют те или иные недостатки. Это особенно касается методов установленных предпочтений, которые полагаются на не всегда точно выраженные мнения людей, которые не всегда разбираются в данной им проблеме. В составлении опросов (одна из составляющих интегративного подхода, см. Главу 2.) необходимо учитывать также иррациональность и ментальные предрассудки людей. Неясность также присутствует и в независимых от человека компонентах оценки. В этой связи часто упоминаются так называемые сдвиги экосистем – синергетические переходы из одного состояния в другое, которые невозможно предсказать. Часто эти перемены имеют антропогенное происхождение, как, например, продолжающаяся и уже, похоже, необратимая, эвтрофикация Балтийского моря (Swedish..., 2023).

Важно понимать, что любая оценка, осуществляемая человеком, подвержена влиянию культуры, которая накладывает определенный стиль мышления, собственную оценку отношений с окружающей средой и отражает мысленные установки и критерии, разнящиеся от народа к народу и от индивида к индивиду. И сами методы оценки весьма несовершенны, что естественно, поскольку оценка экосистемных услуг является комплексной пространственной и институциональной проблемой, затрагивающей многочисленные природные и социальные процессы разных масштабов (The Economics..., Chapter 4..., 2010).

Поэтому необходимо понимать эти ограничения и интерпретировать данные в рамках глубокого и всестороннего анализа ситуации.

3.7. Экосистемные услуги морей Европы

3.7.1. Великобритания – пример системной оценки в рамках национального проекта.

Морские территории Соединенного Королевства занимают площадь 867 тыс. км.², и обладают разнообразием сред обитания и населены большим количеством различных организмов. Основная описательная работа типов экосистемных услуг в Великобритании проводилась в рамках государственного

проекта по оценке экосистемных услуг UK National Ecosystem Assessment – далее NEA (UK National..., 2011). Среди задач этого широкомасштабного проекта были анализ состояния и трендов в развитии экосистемных услуг, выявление движущих факторов изменений в экосистемах, разработка сценариев для дальнейшего ответственного использования природных ресурсов. Оценка вклада экосистем в благосостояние человека посредством экономического и неэкономического анализа стала завершающим этапом работы.

Проект отличается широким охватом и многоуровневым подходом, он включает подробное разделение морских территорий согласно свойственным им типам среды обитания – от приливных зон до глубоководных районов окружающих морей, что согласуется с интегративным подходом (следующий раздел). Оценка морских экосистемных ресурсов в рамках проекта во многом опиралась на работы Николы Бомонт, профессора Плимутского университета и ее коллег (Beaumont et al..., 2008). Основные результаты представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Оценка морских экосистемных услуг Великобритании

Услуга	Стоимость, в фунтах стерлинга в год, на 2004 г.	Метод оценки	Замечания
<i>Обеспечивающие услуги</i>			
Продовольствие	513 млн.	Рыночная цена	Заниженная оценка
Первичные материалы	81,5млн	Рыночная цена	Заниженная оценка
<i>Регулирующие услуги</i>			
Регулирование климата и содержания газов в атмосфере	0,430 - 8,47 млрд	Расчет издержек	Расчет издержек
Защита от стихийных бедствий	0,3 млрд	Расчет издержек	Расчет издержек
<i>Поддерживающие услуги</i>			
Круговорот питательных веществ	800-2320 млрд	Оценка замещения	Оценка замещения
<i>Культурные услуги</i>			
Образовательная ценность	317 млн	Рыночная цена	Завышенная оценка
Рекреационная ценность	11,77 млрд	Рыночная цена	Завышенная оценка
Ценность неиспользования	0,5-1,1 млрд	Субъективная цена	Заниженная оценка

Важнейшей морской экосистемной услугой, как уже упоминалось, является обеспечение продуктами питания в виде рыбы, морепродуктов, и морских растений. В 2004 г. судами Великобритании было выловлено 654 тыс. т. рыбы, чья стоимость составила 513 млн ф.ст. В 2008 г. стоимость пойманной

рыбы составила 596 млн ф.ст. В индустрии аквакультуры (рыба и моллюски) стоимость произведенного продовольствия в 2007 г. составила 350 млн ф.ст. В расчет принимались первичные рыночные цены без учета дальнейшей добавленной стоимости, создаваемой посредством переработки, экспорта, розничной продажи. С учетом этого, а также в связи с наличием незарегистрированного вылова рыбы, вышеприведенные оценки наверняка занижены (Bateman et al., 2011, p. 1080).

Британские морские экосистемы также служат источником таких первичных материалов, как водоросли для удобрения, рыбные продукты для индустрии аквакультуры и животноводства, фармацевтические продукты, предметы для рукоделия. Важнейшими из них с точки зрения экономики являются рыбная мука и рыбий жир. Стоимость морских биотических ресурсов оценивается в 95 млн ф.ст. в год. Ввиду недостатка информации о рыночных ценах на все виды первичных материалов это значение в реальности наверняка выше.

Вклад морей в регулирование климата и содержания газов в атмосфере может уменьшиться из-за сокращающегося числа видов и морского биоразнообразия. Основным участником процесса связывания углерода в морских экосистемах является фитопланктон, который поглощает свыше 45 млрд тонн углерода в год (Mangi, 2011), из которых около 40 млн приходится на британские моря (Bateman et al., 2011, p. 1087). Для экономической оценки этой услуги применялся метод расчета социальных издержек. Социальные издержки – это ущерб, причиненный каждой дополнительной единицей выбросов углекислого газа, цена которой варьируется от 6 до 121 ф. ст. за тонну в ценах 2004 г. (Beaumont et al., 2008, p. 389). Отрицательные эффекты от выбросов любых парниковых газов могут проявляться и после истечения большого периода времени с момента осуществления самих выбросов. Поэтому для расчета суммы ущерба необходимо дисконтирование, при использовании которого, можно выяснить чистую приведенную стоимость связывания углерода в ценах на настоящий момент. За основу брались различные значения как цены, так и ставки дисконтирования (от 1% до 5%), поэтому разброс в оценках весьма существенен. Экономическая оценка услуги по регулированию CO₂ в британских морях, вычисленная таким образом, составила от 430 млн до 8,47 млрд ф. ст. (Beaumont et al., 2008, p. 389).

Морские растения и организмы также играют важную роль в защите прибрежных зон от наводнений. Доклад NEA уточняет, что основной вклад в защиту от опасных природных явлений вносят солончаковые болота и их

растительный покров в прибрежных участках суши. Они смягчают и рассеивают энергию волн и приливов, и, таким образом, существенно снижают траты на меры по защите от наводнений. В качестве метода оценки использовался метод оценки замещения, то есть сумма, затраченная на мероприятия по строительству волноотбойных стенок и иных сооружений подобного толка (King, 1995). Стоимость замещения 80 м солончаков искусственными конструкциями в 2004 г. включила стоимость капитальных затрат в размере 0,38- 0,71 млн ф. ст./га и ежегодных затрат на техническую эксплуатацию в размере 7000 ф. ст. на 1 га занимаемой площади. Для всего побережья сумма составила от 17 млрд до 32 млрд ф. ст. в качестве капитальных издержек и 0,3 млрд ф. ст. ежегодных затрат на техническое обслуживание.

Под круговоротом питательных веществ понимается запасание, переработка и поддержка поставок питательных микроэлементов (углерод, азот, фосфор, сера, металлы), жизненно необходимых для организмов, что, в свою очередь, обеспечивает поддержку других морских экосистемных услуг. Для оценки этой услуги используется метод издержек на замещение, а ценовые значения взяты из статьи Констанзы и др. (The value of..., 1997) и адаптированы в ценах на 2004 г. Итоговое значение составило 800-2320 млрд ф. ст. для всех вод Соединенного Королевства. Оговаривается, что, в сущности, это гипотетическая оценка, ведь если круговорот питательных веществ не будет осуществляться, то это приведет к немедленному коллапсу всех морских экосистем. Тем не менее, наличие определенного значения может служить отправной точкой для дальнейшего анализа в этом направлении.

Образовательные услуги, предоставляемые британскими морями, оцениваются с помощью информации о расходах на морские научные исследования, проводимые высшими учебными заведениями, а также государственными и частными исследователями. В морском сегменте добавленная стоимость НИОКР составила 292 млн ф. ст. Также были оценены образовательные услуги, предоставляемые вузами в виде курсов, посвященных изучению моря, и их ценность составила 25 млн ф. ст. на 2000 г. (Pugh, 2002). Добавленная стоимость рекреационных услуг, предоставляемых британскими морями, была оценена в 11,77 млн ф. ст. Сюда включаются такие виды деятельности, как любительское рыболовство, наблюдение за морскими животными (дельфины и киты), дайвинг, морские круизы (Ibid., p. 22). Все это было также оценено с помощью вычисления добавленной стоимости в соответствующих отраслях туризма.

3.7.2. Экосистемные услуги в норвежской части Баренцева моря – пример оценки приграничного водоёма Арктической зоны

Баренцево море – одна из наиболее продуктивных морских зон мира, подвержено антропогенному влиянию в гораздо меньшей степени, чем, например, южные морские области Норвегии. Важнейшей проблемой в дискуссии об оценке и управлении экосистемными услугами в Баренцевом море, в частности в районе Лофотенских островов, является вопрос о том, стоит ли разрешать строительство буровых платформ для добычи нефти и газа в этом районе, и, если разрешать, то в каком масштабе (Magnussen, 2013). Район Лофотенских островов, включающий три самые северные губернии Норвегии, играет важнейшую роль в предоставлении услуг для коммерческого и рекреационного рыболовства.

В дискуссии о бурении скважин необходимо учитывать широкий контекст, включающий ценность морских экосистем с социально-экономической точки зрения. Сюда нужно также включить прогнозируемые эффекты от изменений в поставках этих услуг, которые обязательно наступят в случае реализации проектов по добыче нефти и газа на шельфе Баренцева моря.

Коммерческое рыболовство и продукция аквакультуры являются наиболее важными экосистемными услугами этого района моря, и в 2009 г. в трех прибрежных губерниях было добыто 1,17 млн. тонн рыбы (First update..., 2010-2011). Общая ценность коммерческого улова рыбы достигла порядка 7 млн. норвежских крон в год (приблизительно 0,9 млрд. евро), в то время как ценность продуктов аквакультуры в регионе составила более 6 млрд. крон в год (приблизительно 0,75 млрд. евро). Эти расчеты базировались на доступной информации, поступающей с рынка.

Для определения рекреационной ценности рыболовства авторами был выработан иной подход. В качестве единицы ценности применяется ценность времени, проведенного за ловлей рыбы. В оригинальном исследовании, откуда был взяты данные о ценности рыболовства, было проведено исследование с помощью метода субъективной оценки стоимости. Респондентам был задан следующий вопрос: «Принимая во внимание ваш опыт ловли рыбы на этой реке в течение последних 12 месяцев, сколько вы готовы заплатить сверх ваших текущих расходов за эту рекреационную активность?» (Navrud, 2001). Позже, значения, полученные в ходе опроса респондентов в 2001 г., были адаптированы с соответствующими изменениями к новым условиям, и ценность услуги на 2009 г. составила 270-800 млн. крон в год (около 35-100 млн евро).

Работа в оценке экосистемных услуг Баренцева моря в районе Лофотенских островов находится на начальных этапах и поэтому предлагает весьма ограниченный набор оценок. Неохваченными остаются, к примеру, такие регулирующие услуги, как связывание CO₂, переработка отходов, биологическое регулирование. Весьма высока потенциальная ценность ресурсов зоны для биоразведки, особенно в свете того, что микроорганизмы, обитающие в полярной зоне, выживают в экстремальных условиях, превышающих известные значения физиологической переносимости, таких как низкая температура и высокая соленость (Bioprospecting., 2008).

3.8 Фармацевтический потенциал морского биоразнообразия

При осуществлении экономической оценки морских экосистемных услуг исследователи, как правило, обращают больше внимания на выяснение ценности обеспечивающих услуг, рекреационного потенциала и защиты от природных бедствий для прибрежных экосистем. Для открытого океана характерны исследования ценности климатического регулирования, круговорота питательных веществ и переработки отходов. Помимо этих довольно хорошо изученных услуг, морские организмы также являются богатым источником материалов для биоразведки. Морские природные вещества (далее МПВ) – это химические соединения, выделенные из морских микроорганизмов, фитопланктона, водорослей, губок, кишечнополостных, моллюсков и т.д. Многие из этих соединений действуют в качестве химического оружия против других организмов и способны выступать в качестве ингибиторов физиологических процессов. Колоссальное генетическое и биохимическое разнообразие морских микроорганизмов наверняка станет источником новых химических соединений и новых эффективных лекарств (Haefner, 2003).

В своем исследовании П.М. Эрвин и его коллеги попытались оценить ценность морских организмов для отрасли фармацевтики, выпускающей лекарства против рака (Erwin, 2010). Для расчетов авторы выработали формулу, которая включала следующие компоненты:

- потенциал для использования в качестве МПВ, рассчитанный для отдельных таксономических типов;
- процент МПВ, успешно прошедших клинические испытания и попавших на рынок лекарств;
- чистая приведенная стоимость нового лекарства против рака.

Оценивалась потенциальная полезность видов и возможность их применения в будущем для фармацевтических целей, поэтому можно

утверждать, что рассчитывалась их ценность отложенной альтернативы. Итоговые значения оценок варьируются в пределах 563 млн. до 5,69 млрд. долл. США в зависимости от биофизических оценок лекарственного потенциала и различных величин ставки дисконтирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенный аналитический материал содержит краткий обзор концепций и подходов к оценке природных ресурсов с точки зрения экосистемных услуг и издержек применительно к морскому природопользованию и развитию концепции природного капитала. В результате анализа информации об отечественном и зарубежном опыте оценки морских экосистемных услуг сделан вывод об отсутствии методологии экосистемного подхода, учитывающего все звенья процесса формирования и использования услуг. Формирование системы сбора и учета показателей и индикаторов оценки морских экосистемных услуг для мониторинга их состояния требует дальнейших исследований, связанных с отбором ключевых составляющих (в соответствии с областью изысканий), позволяющих оценить состояние, динамику и экономический прогресс концепции природного капитала с учетом соблюдения международных требований.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность д.э.н. профессору Бобылеву С.Н., д.э.н. Титовой Г.Д., с которыми в процессе выполнения работы согласовывали исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Бобылев С. Н. Экономика устойчивого развития: учебник / С. Н. Бобылев. — Москва: КНОРУС, 2021. — с.277, 672 с.

Бобылев С. Н., Захаров В. М. Экосистемные услуги и экономика. – М.: ООО «Типография ЛЕВКО», Институт устойчивого развития/ Центр экологической политики России, 2009 — 72 с.

Васильев А. М., Затхеева В. А. Оценка экосистемных услуг Баренцева моря на базе основных промысловых биоресурсов, как основа интегрированного управления морской деятельностью / Рыбное хозяйство 2017, N 6. – С. 4-11.

Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза. URL: <https://wescoop.eu/wp-content/uploads/2020/04/Директива-Европейского-парламента-и-Совета-Европейского-Союза-201192ЕС.pdf>. В редакции 16.04.2014 – р. 26 (дата обращения 07.08.2023).

- Матишов Г. Г., Титова Г. Д. Развитие научных основ рационального морского природопользования // Наука Юга России 2020 Т. 16 № 4 С. 9–18.
- Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. – М., 2001. 76 с.
- Национальный закон о биоразнообразии в Индии 2002 – URL: <https://www.wipo.int/wipolex/ru/legislation/details/6058> / (дата обращения 01.07.2023).
- Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Малышков Г. Б., Хорошавин А. В. Экономика природопользования и экологический менеджмент. ЮРАЙТ – 2024. - 417 с.
- Природный (природно-ресурсный) капитал: развитие и сущностное содержание концепции / В. В. Поляков // Экономика и экология территориальных образований. – 2021. – Т.5, N3 – с.15-23.
- Титова Г. Д. Оценка услуг морских экосистем как комплексная междисциплинарная проблема: на пути к решению // Вестник СПбГУ. Сер. 7, 2014. Вып. 3 - с. 114-125.
- Титова Г. Д., Родионов В. З. Современные принципы реализации экосистемного подхода в морском планировании// Региональная экология. 3(49): 2017. С. 17–23.
- Федеральный закон от 10.01.2002 N 7 – ФЗ «Об охране окружающей среды» - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 (дата обращения 01.08.2023).
- Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 19.09.2023).
- Bateman I. J. (Coordinating author) et al. Economic Values from Ecosystems. In: The UK National Ecosystem Assessment Technical Report. UK National Ecosystem Assessment, UNEP-WCMC, Cambridge. 2011.
- Beaumont N. J., Austen M.C., Mangi S.C., Townsend M. Economic valuation for the Conservation of Marine Biodiversity // Marine Pollution Bulletin. 2008, No. 56. p. 386 -396.
- Bednarik R.G. Tracing the emergence of palaeoart in sub-Saharan Africa. Rock Art Research 2013, 30(1):33-54.
- Bioprospecting in the Arctic. United Nations University - Institute of Advanced Studies Report. 2008. – p. 9.
- Braat L. C. (1979) Functions of the Natural Environment. – p.7, 314 p.
- Center for Sustainable Development and the Health of the Environment. Scientific and Expert Center Koltsov Institute of Developmental Biology Russian Academy of Sciences. Economics and Ecosystem Services, 2015 – URL: <http://sustainabledevelopment.ru/eng/index.php?id=12> (дата обращения 10.09.2023).
- Costanza R., d'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon M. The value of the world's ecosystem services and natural capital., ...// Nature 387 №6630 p. 253-260 – URL: https://scholar.google.ru/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=EQ-mkaAAAAAJ&citation_for_view=EQ-mkaAAAAAJ:_Ib3u7pdcXQC (дата обращения 15.01.2024).

- Erwin P.M., Lopez-Legentil S., Schuhmann P.W. The Pharmaceutical Value of Marine Biodiversity for Anti-cancer Drug Discovery // *Ecological Economics*. December 2010. Vol. 70, Issue 2. – p. 445.
- First update of the Integrated Management Plan for the Marine Environment of the Barents Sea-Lofoten Area. Norwegian Ministry of the Environment, Report to the Storting (white paper), 2010-2011. – p. 55.
- Goulder L. H., Kennedy D. Interpreting and Estimating the Value of Ecosystem Services. April 2009. – p. 2.
- Haefner B. Drugs From the Deep: Marine Natural Products as Drug Candidates // *Drug Discovery Today*. June 2003. Vol. 8, Issue 12. - p. 536.
- Magnussen K., Kettunen M., TEEB Nordic Case: Marine Ecosystem Services in the Barents Sea and Lofoten Islands, A Scoping Assessment. In Kettunen et al. Socioeconomic Importance of Ecosystem Services in the Nordic Countries - Scoping Assessment in the Context of The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 2013 - p. 260.
- Mangi S. C. et al. Valuing the Regulatory Services Provided by Marine Ecosystems // *Environmetrics*. 2011, No. 22. - p. 687.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being Synthesis/ A Report of the Millennium Ecosystem Assessment – p. 155 - URL: <http://MillenniumEcosystemAssess2005.pdf> (дата обращения 10.09.2023).
- Naber H., Lange G-M., Hatzios M. Valuation of marine ecosystem services: a gap analyses, 2008 – 56 p. – URL: <https://www.cbd.int/vr-mc-wb-en.pdf> (дата обращения 20.07.2023).
- National Environmental Policy Act (NEPA) (1969).
- Navrud S. Economic Valuation of Inland Recreational Fisheries. Empirical Studies and Their Policy Use in Norway // *Fisheries Management and Ecology*. 2001. Vol. 8, Issue 4-5. P. 369-382.
- Porter Monica/ Svayambhava. Экологические законы Бразилии/ – URL: <https://ru.svayambhava.org/leis-ambientais-do-brasil-8725> (дата обращения 01.03.2024).
- Pugh D., Skinner L. A. New analysis of marine related activities in the UK economy with supporting science and technology. IACMST Information Document, 2002. No. 10. P. 22.
- Swedish Environmental Protection Agency. Notes from the Value of our Marine Environment. Stockholm, September 16-17. p. 25 URL: <https://ec.europa.eu/environment/marine/pdf/marine-value-documentation.pdf> (дата обращения 20.05.2023).
- System of Environmental Economic Accounting [Электронный ресурс]. URL: unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev (дата обращения 01.09.2023).
- TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. 2010. Malta, Progress Press: - 36 p.

The economics of the ecosystems and biodiversity (TEEB), 2008 – 21p. – URL: [www.cbd.int cop-bur-2008-10-teeb-en.pdf](http://www.cbd.int/cop-bur-2008-10-teeb-en.pdf) (дата обращения 07.07.2023).

The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations. Chapter 5: The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. March 2010 – p. 17.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations. Chapter 4: Socio-cultural context of ecosystem and biodiversity valuation. TEEB Document. March 2010 – p. 3.

UK National Ecosystem Assessment. Synthesis of the Key Findings. 2011 – 87 p.

ГЛАВА 4. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ЦЕЛЕВОЙ АНТИОБРАСТАТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Е.В. Строгова, М.И. Орлова*
ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
**e-mail: elenastrogova@bk.ru*

ВВЕДЕНИЕ

Сообщества обрастания (микробиообрастание, фитоперифитон, зообрастание и др.) широко распространены в водных экосистемах. В естественных водоемах они развиваются на дне, вблизи дна и в толще воды на твердых субстратах, то есть на границе раздела жидкой и твердой фаз. В ВЧФЗ экологическая группировка обрастания представлена преимущественно чужеродными видами (см. части 2 и 3) водных беспозвоночных – двустворчатыми моллюсками, усоногими рачками, колониальными гидроидными полипами (зообрастание) и автотрофными организмами – нитчатыми водорослями (фитоперифитон). Микрообрастание ВЧФЗ на сегодняшний момент исследовано недостаточно, для его обозначения в данной главе и далее чаще всего используются названия «биопленка», «бактериально-водорослевая пленка». Водные обрастатели, наряду с тем, что преимущественно фильтрационным способом питания они формируют биофильтрационный пояс залива и ряд поддерживающих экосистемных услуг, способны и к формированию биопомех (экосистемных издержек). В морской и пресноводной среде обрастанию подвергаются любые технические объекты: водоводы, навигационное оборудование, платформы нефте- и газодобычи, портовые сооружения. Особенно сильно обрастают стационарные сооружения. Большую проблему обрастание приносит морским судам (Орлова, Родионов, 2020).

Наиболее распространенным, эффективным и доступным методом защиты от обрастания и коррозии (биодеструкции) является нанесение на обрабатываемую поверхность многослойных лакокрасочных покрытий (далее ЛКП), представляющих собой многокомпонентные композиции из лакокрасочных материалов (ЛКМ), содержащих противокоррозионные и биоцидные (препятствующие оседанию и развитию обрастателей) добавки.

Отечественная промышленность выпускает ограниченное количество марок лакокрасочных материалов, предназначенных для предотвращения биологического обрастания объектов, эксплуатируемых в водной среде (МР 1.1.4.04.1542-2019).

В настоящее время в связи с повышением антропогенных нагрузок на водоёмы, следствием которых в том числе становятся и нежелательные отклики экосистем, растёт число принципиально новых рецептур противообрастательных композиций (Проблемы создания..., 2021), идёт пересмотр требований, которым должны соответствовать защитные покрытия. В частности, желательно, чтобы повышение устойчивости поверхностей к обрастанию и биоповреждениям было обеспечено за счет использования новых высокоэффективных и экологически безопасных биоцидов с пониженной токсичностью, что обеспечивает снижение нагрузок на экосистемы со стороны привносимых в них синтетических и искусственных химических веществ, других загрязнителей. То есть борьба с коррозией и обрастанием должна предусматривать комплекс мероприятий, обеспечивающих минимальное проявление негативного воздействия защитных средств на окружающую среду (в первую очередь, на биоту), делая эти мероприятия экологически обоснованными и по возможности безопасными. Исходя из этого, предпочтение при выборе биоцидных добавок должно отдаваться добавкам, оказывающим репеллентный или биостатический эффект в сравнении со средствами однозначного биоцидного действия, а среди последних, действующих избирательно (специфично) – только на целевые организмы-мишени (Aldridge, Moggridge, 2006), в сравнении с действующими тотально (то есть на все живые организмы, оказывающиеся в пределах дистанции их действия).

Одним из обязательных требований к новым ЛКП является *проведение тестирования и испытаний биозащитных покрытий в условиях, близких к условиям дальнейшей эксплуатации* (Проблемы создания..., 2021). Однако, ограничение лишь такими испытаниями (ГОСТ РВ 9.412-2001) не даёт возможности оценить динамику реакции организма на биоцидное воздействие, выявить сам механизм такого воздействия, фактически определяющий базовую экологичность. Следует отметить также и то, что если для оценки и численного выражения биозащитных свойств имеются чёткие рекомендации (ГОСТ РВ 9.412-2001), то требование экологичности нуждается в разработке системы оценок и показателей с учетом вышеуказанного требования приближенности условий испытаний к естественным. При выявлении механизмов воздействия (биоцидный, биостатический, репеллентный) и

принимая во внимание способность живых организмов к репарации повреждений, у исследователя возникает потребность оценить наблюдаемые реакции организмов в динамических характеристиках, найти способы их визуального отображения. Описанию комплекса таких оценок и предлагаемых алгоритмов их расчета, варианта графического отображения динамики угнетения активности и её восстановления, в случае репарации повреждения, посвящена данная глава. Эту главу можно рассматривать и как часть выполняемого проекта в части исследования издержек экосистем и смягчения их последствий, и как вклад в совершенствование двухступенчатой системы первичного отборочного тестирования, разработанной ранее (Орлова, Строгова, 2021).

4.1. Материалы для разработки алгоритмов и проведения расчётов биозащитной эффективности и экологичности

Происхождение исходных данных для расчётов

Данные для расчётов и графических построений получены в результате использования двухступенчатого подхода, детально описанного ранее (Орлова, Строгова, 2021), а его краткий очерк содержится в следующей секции.

В качестве примера взяты результаты испытаний одной из инновационных систем ЛКП, для создания которой использованы, в том числе, биоцидные добавки. Материалом для тестирования систем покрытий являются образцы, представляющие собой металлические (или из иного материала) пластины с нанесенными видами лакокрасочных покрытий – или полной системы, включающей все слои, или части системы без финишного слоя (матрица). Образцы испытуемых (инновационных) ЛКП могут сопровождаться контрольными (««позитивный контроль»»), покрытыми одной из разрешенных к использованию систем ЛКП.

В рассматриваемом примере образцы – испытуемые и контрольные – были сформированы на металле. Краткие сведения и маркировка испытуемых (без расшифровки состава) и контрольных (противообрастающая эмаль ХС-5226, биоцидное действие которой обеспечено закисью меди) образцов – в таблице 4.1, их внешний вид до проведения тестирования – на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 – Маркировка образцов покрытий

№ п/п	Наименование типа образца	Маркировка
<i>Инновационное (испытуемое) покрытие</i>		
1	Матрица – неполная система, не содержит биоцид- содержащего финишного слоя	КоК1-М
2	Полная система (с комплексом биоцидных добавок)	КоК1-Б₁
3	Полная система (с комплексом биоцидных добавок)	КоК1-Б₂
4	Полная система (с комплексом биоцидных добавок)	КоК1-Б₃
<i>Эмаль противообрастающая ХС-5226 (позитивный контроль)</i>		
5	Эмаль противообрастающая ХС-5226	ХС₁
6	Эмаль противообрастающая ХС-5226	ХС₂
7	Эмаль противообрастающая ХС-5226	ХС₃



Рисунок 4.1 – Образцы выбранного в качестве примера испытуемой системы лакокрасочного покрытий и контрольные образцы

Краткая характеристика проведенного исследования образцов, использованных в качестве примера

Исследования осуществлялись двухступенчато (Орлова, Строгова, 2021) и в следующей последовательности:

- лабораторное тестирование (в условиях острого лабораторного эксперимента);
- полевое тестирование (путем экспозиции испытуемых и контрольных образцов в условиях водоёма, в данном случае водоёма-охладителя Калининской атомной станции).

Основными обрастателями в данном водоеме являются двустворчатые моллюски рода *Dreissena* и мшанка рода *Plumatella* (объекты-мишени защитных мер), расселяющиеся (в том числе и на поверхности конструкционных материалов) с помощью планктонных личинок (дрейссена) и флотобластов (мшанка).

Основной биологический объект исследования в лабораторных условиях – меропланктон, сформированный в том числе расселительными стадиями обрастателей, и голопланктон, состоящий из непрофильных групп озёрного планктона (рисунок 4.2), в полевых условиях – сформировавшиеся на экспонируемых образцах, ранее прошедших лабораторное тестирование (Рисунок 4.3 А), поселения обрастателей (рисунок 4.3 Б).



Рисунок 4.2 – верхний ряд: представители меропланктона: велигеры – планктонные личинки двустворчатых моллюсков рода *Dreissena* и статобласты мшанки *Plumatella sp.* – объекты-мишени защитных мероприятий; нижний ряд: (слева) гидроидный полип, поедающий дафнию; (в середине и справа) представители таксономических групп непрофильного голопланктона: *Rotifera*, *Cladocera*, *Copepoda*, в гидробиологических пробах из водоёма-охладителя КЛНАЭС (октябрь 2022 г.)

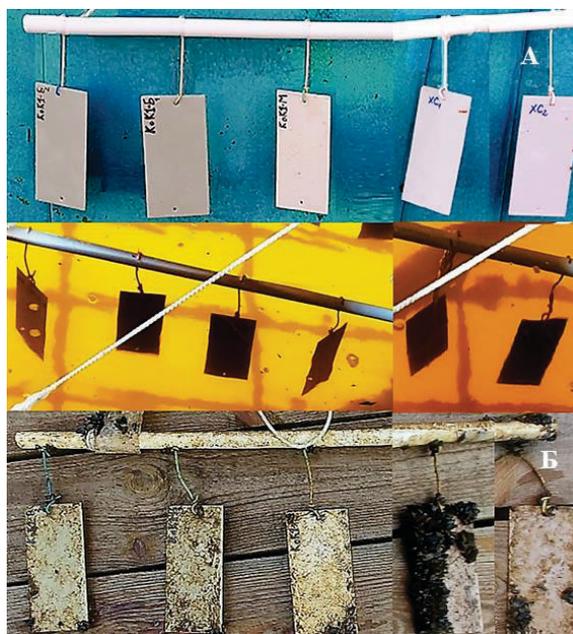


Рисунок 4.3 – Модули с комплектами образцов (А), прошедших лабораторное тестирование и установленные на экспозицию (оз. Удомля в районе НСППВ КЛНАЭС) 17.10.2022 г.; (Б) – они же через 9,5 месяцев (27 июля 2023 г.)

Краткосрочное *лабораторное тестирование* было направлено на выявление наличия *защитной (целевой) эффективности и природы (механизма) защитного воздействия* активного вещества тестируемых образцов на биологические объекты: организмы-мишени (расселительные стадии обрастателей) и естественное сообщество зоопланктона в целом (*непрофильные объекты*). С выбранным в качестве примера инновационным покрытием (таблица 4.1) оно было проведено в период с 07.10.2022 по 11.10.2022.

Природа эффекта (биоцидный, репеллентный или биостатический) определяет экологичность средства. Экологичность как одно из требований к защите важна, когда речь идет о применении действующего вещества не в техногенных, а в естественных водоемах, где предпочтительнее всего репеллентный эффект, менее допустим биостатический, а биоцидный требует оценки возможных рисков. Выявление механизма эффективности требует проведения двух лабораторных тестов – основного и дополнительного (см. сноску *) на следующей странице). В случае, если после снятия воздействия тестируемого вещества (дополнительный тест), восстановления подвижности организмов не происходит, достигнутый эффект, предварительно, считается *биоцидным*, а организмы погибшими.

В случае, если при смене воды происходит восстановление двигательной активности (полное или частичное) – эффект считается *биостатическим*. Чем ранее наступает восстановление подвижности, тем менее длительным считается биостатический эффект.

Как наличие биоцидного, так и биостатического воздействия рассматривается как свидетельство эффективности образца.

Итоговые результаты лабораторного тестирования сведены в таблицу 4.2, динамика изменения состояния биологических объектов в основном и дополнительных тестах с испытуемыми образцами приведена на графиках рисунка 4.4, внешний вид зоопланктона, подвергнутого воздействию образцов на рисунках и 4.5. и 4.6.

*) Последовательность из двух тестов необходима для первичной оценки механизма эффекта – биоцидный, биостатический, репеллентный. Окончательное заключение относительно эффекта в целом и его репеллентной природы подтверждается проведением полевого эксперимента (вторая ступень).

Наблюдения за реакцией и общим состоянием индикаторных групп гидробионтов (мишеней и непрофильных) на воздействие испытуемого/контрольного образца, помещенных в контейнеры с водой, содержащей природный планктон, и в негативном контроле (контейнер с водой, содержащей природный планктон, но без образца) проводили ежедневно в течение 4-х суток в основном тесте и далее в дополнительном (снятие воздействия образца путем его извлечения и перевода планктона в чистую природную воду), через определённые временные интервалы, для удобства обозначенные простым кодом: В1 – начало тестирования; В2 – через 1-3 часа; В3 – через 1 сутки; В4 – через 2 суток; В5 – через 3 суток; В6 – через 4 суток; дополнительный тест (результат через 1 сутки после смены воды) - В7.

При проведении лабораторных тестов оценивается:

– в основном тесте – реакция объекта-мишени на воздействие, выщелачивающегося из образца биоцида при принудительном контакте в малом объёме воды, и соответственно, сама эффективность воздействия (графики на рисунке 4.4 и вид зоопланктона на рисунках 4.5. и 4.6);

– в дополнительном тесте – способность объекта к самовосстановлению (репарации повреждений, вызванных неблагоприятным воздействием) в случае, если эффект предположительно имеет биостатическую природу (то есть не является летальным, биоцидным, что с точки зрения экологичности, то есть сохранения биоразнообразия (структурного и функционального) наиболее предпочтительно) при применении защитного средства на акватории водоёма.

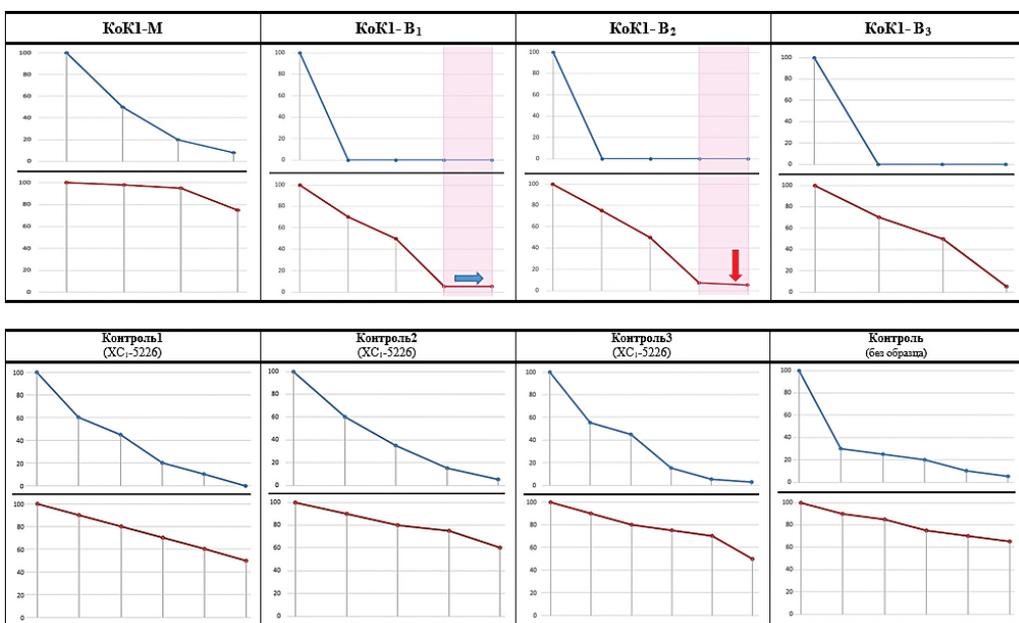


Рисунок 4.4 – Графики скорости снижения активности велигеров дрейссены (объекты-мишени, *vel* в соответствующих таблицах и алгоритмах расчётов) и циклопов (непрофильные объекты, *Cycl*) в тестируемых средах, сформированных в лабораторных условиях в результате помещения испытуемых и контрольных образцов, а также в среде негативного контроля (без образца) на экспозицию в контейнеры с водой из водоёма-охладителя КЛНАЭС в период лабораторных наблюдений (В1 – В7 по таблице 4.2)

Обозначения на графиках:

	график скорости снижения активности велигеров (V п/а велигеров)
	график скорости снижения активности циклопов (V п/а циклопов)
	время дополнительного теста
	динамика восстановления активности гидробионтов в дополнительном тесте
	динамика снижения активности гидробионтов в дополнительном тесте
	отсутствие динамики изменения активности гидробионтов в дополнительном тесте

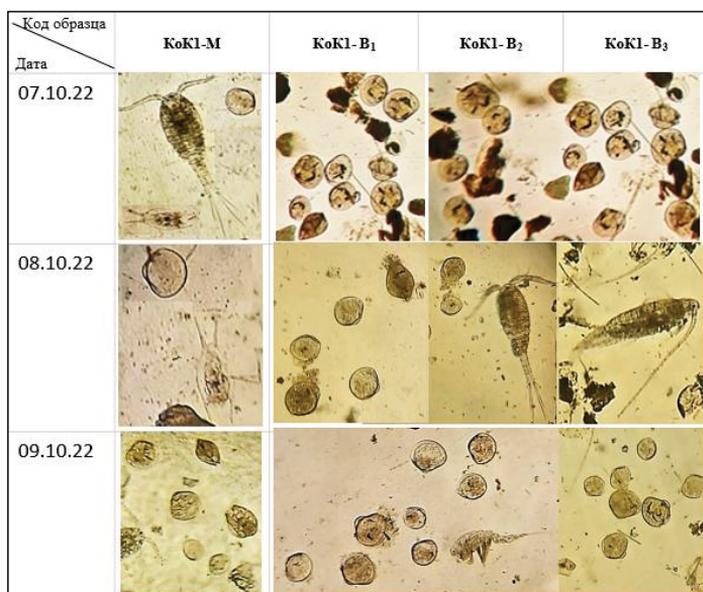


Рисунок 4.5 – Состояние велигеров дрейссены (объекты-мишени) и рачкового зоопланктона (непрофильные объекты) в условиях контакта с действующим веществом испытуемого ЛКП в ходе лабораторного тестирования

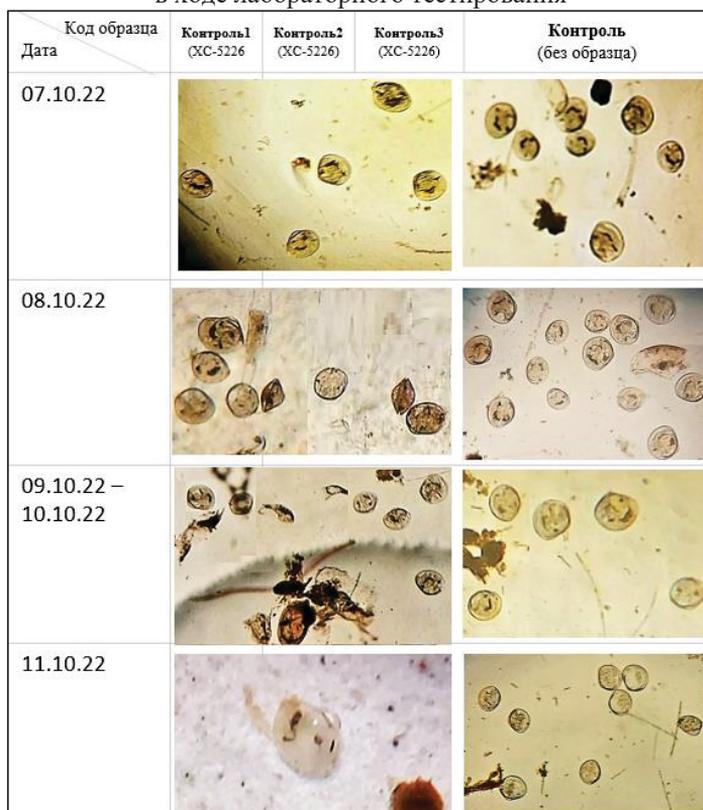


Рисунок 4.6 – Состояние велигеров дрейссены (объекты-мишени) и рачкового зоопланктона (непрофильные объекты) в условиях контакта с действующим веществом контрольной системы ЛКП - ХС-5226 («положительный контроль»), а также в контейнере без образца («негативный контроль»)

4.2. Основные результаты лабораторного исследования, использованные для расчётной и графической оценки защитной эффективности и экологичности

Для характеристики состояния планктона, контактировавшего в лабораторных условиях с действующей композицией испытуемой и контрольной системами ЛКП, а также не испытывавшего такого воздействия (негативный контроль) были приняты следующие обозначения: а – активные, у – угнетенные, п – погибшие организмы (таблица 4.2). Эти сводные данные предполагается использовать в дальнейших расчётах (раздел 4.3).

Ниже в данном разделе приводим описательную характеристику полученных результатов.

Испытуемая серия образцов с полной системой ЛКП (КоК1- В1 - КоК1- В3 по таблице 4.1). В ходе основного теста часть объектов в сосудах с испытуемой серией образцов полной системы сразу утратили свою подвижность вследствие гибели или временного угнетения локомоторных функций (рисунки 4.5 и 4.6). По окончании четырех суток¹⁾ после снятия воздействия тестируемого вещества (дополнительный тест), в результате смены воды на чистую, организмы не восстановили активность, что позволяет считать достигнутый эффект **биоцидным**, а организмы погибшими, либо необратимо повреждёнными.

Из данных таблицы 4.2 и на графиках (рисунок 4.4) можно видеть, что покрытия (**КоК1- В**) обладают биоцидной активностью по отношению к велигерам дрейссены. Через 1 сутки (В3) наблюдается почти 100 % погибших, единицы – угнетённых и полное отсутствие активных организмов. А непрофильные организмы, представленные Cyclopoidea, оставались активными - 50%, угнетёнными - 40 %, а погибших было лишь 10%.

После снятия воздействия тестируемого вещества (дополнительный тест) организмы индикаторных групп гидробионтов (мишеней и непрофильных) не восстановили свою активность (рисунок 4.4) Данное наблюдение позволяет оценивать природу воздействия активных веществ испытуемой системы как биоцидную.

Контрольные образцы и образцы с неполной испытуемой системой ЛКП (матрица). Состояние гидробионтов в средах с образцом **КоК1-М**, с контрольными образцами (**ХС1-5226**) и без образца была сходной. Убыль численности активных велигеров и непрофильных гидробионтов в контейнерах с образцами была незначительно выше естественной (негативный контроль).

¹⁾ Естественная смертность велигеров и рачкового зоопланктона во всех средах учтена при интерпретации результатов тестирования.

Примечательно, что и в тех вариантах лабораторного теста эффект воздействия, при том, что оно существенно более слабое, имеет биоцидную природу.

Таким образом, проведенные двухступенчатые тесты испытуемой и контрольной систем ЛКП позволяют провести отбор испытуемой системы для дальнейших испытаний в силу её более высокой целевой эффективности, нежели у разрешенного к применению бюджетного защитного покрытия серии ХС. Обе системы оказывают более существенное биоцидное воздействие на объекты-мишени – велигеры двустворчатых моллюсков в сравнении с непрофильными компонентами природного зоопланктона, что позволяет признать обе системы отвечающими требованию специфичности (преимущественная элиминация расселительных стадий обрастателей). Однако, биоцидная природа воздействия, выявленная в эксперименте, не дает оснований признать испытуемую систему принципиально более экологичной, нежели контрольная, что потребует в случае решения о проведении опытно промышленной эксплуатации **Кок1- В**, дополнительных оценок риска негативного воздействия на окружающую среду, либо совершенствования композиции биоцидных добавок.

Таблица 4.2 - Хронология результатов лабораторного тестирования испытуемых и контрольных образцов ЛКП и результатов для негативного контроля

Индикаторная группа (ИГ)	Время*	Дата	Код образца		КоК1-М	КоК1-В1	КоК1-В2	КоК1-В3	Контроль1 (ХС1-5226)	Контроль2 (ХС2-5226)	Контроль3 (ХС3-5226)	Контроль (без образца)
			час	мин								
<u>DREISSENA</u>	В1	07.10.22	11-00									
	В2	07.10.22	с 12-00	А0у	100п	2у98п	2у98п	60а35у5п	60а35у5п	55а30у5п	30а70су	
	В3	08.10.22	с 11-00	20а60у20п	100п	2у98п	100п	43а30у25п	35а45у20п	45а25у30п	25а55у20п	
	В4	09.10.22	с 11-00	8а32у60п	100п	100п	100п	20а35у45п	15а45у40п	15а35у50п	20а40у40п	
	В5	10.10.22	с 11-00					15а35у50п	35у60п 5% прикрепиться	5а25у75п	10а15у75п	
	В6	11.10.22	с 11-00					40у60п		3а17у80п	5а20у75п	
	В7	10.10.22-смена воды	с 11-00 11.10.22		100п	100п						
<u>СОРЕПОДА</u>	В1	07.10.22	11-00									
	В2	07.10.22	с 12-00	А0у	70А30у	75А25у	75А25у	90а10у	90а10у	90а10у	90а10у	90а10у
	В3	08.10.22	с 11-00	95а3у2п	50а40у10п	50а40у10п	50а40у10п	80а20у	80а20у	80а20у	80а20у	85а15у
	В4	09.10.22	с 11-00	75а25п	5а70у25п	7а68у25п	5а70у25п	70а20у10п	75а15у10п	75а15у10п	75а15у10п	75а15у10п
	В5	10.10.22	с 11-00					60а25у15п	60а40уп	70а20у10п	70а20у10п	70а20у10п
	В6	11.10.22	с 11-00					50а50уп	50а50уп	50а50уп	50а50уп	65а20у15п
	В7	10.10.22-смена воды	с 11-00 11.10.22		5а95уп	5а95уп						

На основании данных таблицы 4.2 были построены графики скорости снижения активности велигеров и циклопов (в %) в тестируемых средах.

4.3. Расчет различных характеристик для оценки противообратательной эффективности образцов

Предлагается производить количественные оценки эффективности по статическим и динамическим характеристикам.

Для проведения тестирования взяты *2 типа контроля различного назначения – «негативный» (без образца) и «позитивный» (с эмалью ХС).*

На стадии расчетов, сравнение значений по каждой группе гидробионтов и в каждой тестируемой среде ведется с «негативным» (без образца) контролем, где, снижение активности определяется естественными причинами (биоцидная эффективность по умолчанию имеет значение 0). «Позитивный» (ХС) контроль используют при сравнении биоцидной эффективности испытуемого ЛКП с системой ЛКП, внедрённой в практику (референтной).

Общий алгоритм расчёта дан на примере двух групп организмов – личинок двустворчатых моллюсков-обратателей - велигеров (vel) и планктонных рачков - циклопов (Cycl) (таблица 4.2).

Тестируемые среды:

- среда (вода и естественный зоопланктон) с испытуемой (тестируемой) системой ЛКП (см. таблицу 4.1, первые 4 наименования);
- среда 3 с референтной («позитивный» контроль, эмаль ХС) системой (там же);
- среда без образца – «негативный» (с естественным снижением активности/гибелью гидробионтов) контроль (таблица 4.2).

Скорость снижения активности организмов. В контейнерах с тестируемой системой происходит нелинейный динамический процесс. Мы будем использовать (без ущерба для результатов) формулу (1) скорости прямолинейного равноускоренного процесса:

$$V = \frac{A1 - A2}{t} \quad (1)$$

где **V** – скорость потери (снижения) активности организмов, **A1** и **A2** – значение количества **активных организмов (в %)**; **t** – количество суток (часов), прошедших с начала тестирования в выбранный момент времени (например, **B4**, тогда **t = B4-B1**).

Используя формулу 1, находим в таблице 4.2 данные для расчета и вычисляем скорость снижения активности организмов в каждой группе гидробионтов в каждой тестируемой среде.

Индивидуальная динамическая биоцидная эффективность.

Используя формулу 2, которая для *велигеров (vel)* и *циклопов (Cycl)* приведена как формулы 2а, 2б, находим в таблице 1.4.3 данные для расчета и вычисляем индивидуальную динамическую биоцидную эффективность:

$$S_{и} = V_{и} - V_{к}, \quad (2)$$

$$S_{и\ vel} = V_{и\ vel} - V_{к\ vel}, \quad (2a)$$

$$S_{и\ Cycl} = V_{и\ Cycl} - V_{к\ Cycl} \quad (2б)$$

где $S_{и}$ ($S_{и\ vel}$ и $S_{и\ Cycl}$) – индивидуальная динамическая биоцидная эффективность ЛКП для гидробионтов, $V_{и}$ ($V_{и\ vel}$ и $V_{и\ Cycl}$) - скорость потери (снижения) активности организмов в тестируемой системе, $V_{к}$ ($V_{к\ vel}$ и $V_{к\ Cycl}$) - скорость потери активности организмов в контрольной системе (без образца).

Общая динамическая биоцидная эффективность покрытия. И далее по формуле 3 вычисляем общую динамическую биоцидную эффективность покрытия:

$$S_{о} = S_{и\ vel} + S_{и\ Cycl} \quad (3)$$

где $S_{о}$ – общая биоцидная динамическая эффективность покрытия (таблица 4.3).

Таблица 4.3. Сводные данные результатов расчётов скорости снижения активности организмов (V) и динамической биоцидной эффективности покрытий (S) для всех вариантов лабораторного тестирования (испытуемые и контрольные образцы, негативный контроль) и двух групп индикаторных организмов (мишеней - *vel* – и непрофильных - *Cycl*)

Символы, формализация, содержание	КоК1-М	КоК1-В1	КоК1-В2	КоК1-В3	Контроль 1 (XC1-5226)	Контроль 2 (XC2-5226)	Контроль 3 (XC3-5226)	Контроль (без образца)
$S_{о}$ - общая динамическая биоцидная эффективность	13	105,7	105	105,7	4	3,4	3,4	0
V_{vel}/S_{vel}	30,7/ 11,7	100/ 81	100/ 81	100/ 81	20/ 1	19,4/ 0,4	19,4/ 0,4	19/ 0
V_{Cycl}/S_{Cycl}	8,3/ 1,3	31,7/ 24,7	31/ 24	31,7/ 24,7	10/ 3	10/ 3	10/ 3	7/ 0

4.4. Расчетная оценка экологичности ЛКП (Э)

Экологичность, *в контексте специфичности действия* (преимущественная элиминация объектов-мишеней), предлагается оценивать, как **частное разницы** между характеристиками биоцидной эффективности, рассчитанными для профильных (мишени) и непрофильных групп зоопланктона и значения **общей динамической биоцидной эффективности**.

Используя формулу 4, находим в таблице 4.3 данные для расчета и вычисляем **экологичность (Э)** ЛКП (значения Э *находятся* в пределах от 0 до 1, и чем ближе значение к 1, тем экологичнее покрытие (см. сводные данные для испытуемых образцов в таблице 4.4):

$$\mathcal{E} = \frac{S_{и\ Cycl} - S_{и\ vel}}{S_{о}} \quad (4)$$

Таблица 4.4 – Предварительная **биоцидная эффективность и экологичность** (видоспецифичность) экспериментальных ЛКП, в баллах (октябрь 2022)

Код образца	Характеристика ЛКП		
	БИОЦИДНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	Разница между значениями биоцидной эффективности ЛКП для велигеров и циклопов	ЭКОЛОГИЧНОСТЬ (видоспецифичность)
	S_0 (общая динамическая)	$S_{i vel} - S_{i Cycl}$	Э
КоК1-М	13	10,4	0,8
КоК1- В ₁	105,7	56,3	0,53
КоК1- В ₂	105	57	0,54
КоК1- В ₃	105,7	56,3	0,53

4.5. Пример представления расчётных результатов лабораторного тестирования

Полная сводка оценки эффективности и экологичности (в части специфичности воздействия и природы эффекта – биоцидный, биостатический, репеллентный) с привлечением приведённых выше расчетов и графических данных основного и дополнительного тестов, позволяет составить предварительную наглядную сводку оцидной эффективности и экологичности (Таблица 4.5) для испытуемых систем и осуществить выбор для дальнейших исследований путем сравнения со свойствами контрольной, либо со свойствами других инновационных разработок.

Таблица 4.5 – Предварительная **биоцидная эффективность и экологичность ЛКП** (среднее значение), в баллах (октябрь 2022)

Код образца	Характеристика ЛКП		ЭКОЛОГИЧНОСТЬ (оказываемый эффект для непрофильных организмов) ***	Иллюстрации к столбцу 4 - График скорости снижения активности велигеров и циклопов в тестируемых средах****
	БИОЦИДНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ*	ЭКОЛОГИЧНОСТЬ (видоспецифичность) **		
	S_{0d} общая (динамическая) (среднее)	Э (среднее)		
1	2	3	4	5
КоК1-В _{1,3}	105,5	0,53	Биоцидный	

* S (биоцидная эффективность) – чем больше значение S, тем выше биоцидная эффективность ЛКП).

** Экологичность ЛКП тем выше, чем значение Э ближе к 1.

*** Для организмов-мишеней (велигеров) оказываемый эффект – **биоцидный** (по умолчанию для данной таблицы).

**** см. обозначения к рисунку 4.4.

4.6. Пример полевого тестирования и представления его результатов.

Полевое тестирование проводится с образцами, показавшими наиболее желательные свойства (сочетание эффективности и экологичности, по возможности в обоих аспектах – специфичности действия и природы эффекта, когда предпочтение отдается биостатическому и репеллентному), прочие же образцы далее в тестировании не участвуют. Оно проводится путем установки модулей с выбранными комплектами испытуемых образцов и всеми контрольными (рисунок 4.3), на экспозицию в водоёме и направлено на подтверждение результатов лабораторных тестов в части эффективности, а в части экологичности – подтверждения предположения о репеллентном эффекте. Его итоги, также требуют количественного выражения для проведения дальнейшего отбора средств-кандидатов для полномасштабных испытаний, включая опытно-промышленную эксплуатацию.

4.6.1. Описание проведенного полевого исследования

Что касается рассматриваемого примера, не вполне отвечающему всему набору требований в части экологичности (таблица 4.5), то по защитным свойствам в условиях водоёма и в сравнении с контрольными образцами серии ХС (с 17.10.2022 – рисунок 4.3 и через 9,5 месяцев – рисунок 4.7) получены вполне удовлетворительные результаты (таблица 4.6).

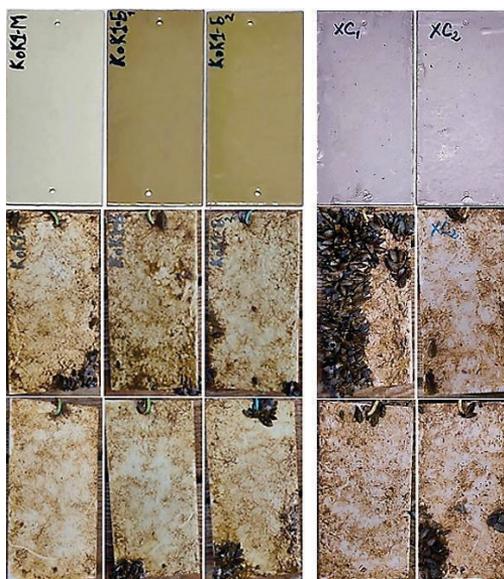


Рисунок 4.7 – Образцы испытуемой системы и ХС-5226 («*позитивный контроль*») в начале тестирования – октябрь 2022г.; а также, после экспозиции в водоёме в течение 9,5 месяцев – конец июля, начало августа 2023г. (осмотр и сбор биообрастания с обеих сторон образцов)

Оценка полученных конечных (Рис. 4.7) и промежуточных результатов произведена на основании визуальных осмотров, фотодокументирования. После окончательного извлечения образцов проведены оценка прочности бактериальной пленки и наносов к смыванию потоком воды, определено покрытие поверхности образца обрастанием согласно рекомендации ГОСТ РВ 9.412-2001 (5-балльная система), определена биомасса сформировавшегося обрастания.

4.6.2. Основные результаты полевого исследования испытуемых и контрольных образцов и оценка противообрастательной (защитной) эффективности образцов покрытий.

В таблицу 4.6 сведены результаты, полученные после 9,5 месяцев экспозиции (см. также рисунок 4.7) (% покрытия поверхности обрастанием, биомасса сформировавшегося обрастания и защитная эффективность ЛКП, выраженная в баллах (от 1 до 5, где 5 – это наилучшая оценка эффективности противообрастательной защиты ЛКП) (по шкале оценки степени обрастания образцов лакокрасочных покрытий (ГОСТ РВ 9.412-2001)). 5 баллов присваивается образцам, на поверхности которых по окончании экспозиции обрастание отсутствует вовсе, либо имеются единичные особи по кромкам образца; 4 - обрастание занимает до 10% поверхности образца; 3 – от 10 до 20% включительно, 2 – от 20 до 50% и 1 – более 50%).

Таблица 4.6 - Результаты полевого тестирования испытуемых образцов ЛКП и *покрытия ХС-5226 («позитивный контроль»)*

Код образца	КоК1-М		КоК1-В ₂	Контроль1 (ХС ₁ -5226)	Контроль2 (ХС ₂ -5226)
Проективное покрытие (%)	5	3	6	29	8
Биомасса обрастания (кг/м ²)	0,177	0,131	0,254	1,719	0,381
Защитная эффективность ЛКП (в баллах)	4	4	4	3	4

Выводы

Проведенные работы по тестированию образцов испытуемого покрытия (КоК1-В), нанесённых на металл, предварительно показали, защитную состоятельность образцов (*противообрастательная и противокоррозионная защита*) в условиях гидрофизического и гидрохимического режимов водной среды Удомельского водохранилища Калининской атомной станции.

Результаты лабораторного тестирования:

Механизм воздействия покрытия (КоК1- В) на организмы индикаторных групп гидробионтов (мишеней и непрофильных) считается *биоцидным*.

Показатели биоцидной эффективности ($S=105,5$) и экологичности в части специфичности ($\Xi=0,53$) для покрытия (КоК1-В₁₃) достаточно высокие, что явилось основанием для проведения последующего тестирования.

Результаты полевого тестирования:

Серия образцов покрытий (КоК1-В), показала хорошие противообрастающие свойства, по шкале оценки степени обрастания образцов лакокрасочных покрытий получила 4 балла (ГОСТ РВ 9.412-2001).

Все образцы ЛКП показали хорошие противокоррозионные свойства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ГОСТ РВ 9.412-2001 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные для военной техники. Метод натуральных климатических испытаний в морской воде. 2001.–8с.

МР 1.1.4.04.1542-2019 «Применение методов борьбы с биопомехами в системах циркуляционного и технического водоснабжения атомных станций. Методические рекомендации». (рег. № НД-13263).

Орлова М. И., Родионов В. А. Биообрастание, морские и континентальные воды: теория, практика, перспективы региональных междисциплинарных исследований // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2020 Т.13. №4. С. 121-136. Doi: 10.7868.S2073667320040103.

Орлова М. И., Строгова Е. В. К созданию и апробации экспресс-подхода для отборочного тестирования образцов биоцид-содержащих защитных покрытий. Монография/ под ред. Орловой М. И., Родионова В. А. // Проблемы создания защитных покрытий нового поколения от коррозии, биообрастания и обледенения для морских береговых и сухопутных объектов. СПб., Изд. СПбГЭУ, 2021, сс. 41-52.

Проблемы создания защитных покрытий нового поколения от коррозии, биообрастания и обледенения для морских, береговых и сухопутных объектов. Монография / под редакцией доктора биологических наук М. И. Орловой, доктора технических наук В. А. Родионова. – СПб.: СПбГЭУ 2021. – 133 с.

Aldridge D.C., Elliott P., Moggridge D.G. Microencapsulated BioBullets for the control of biofouling zebra mussels Environ Sci Technol.2006 Feb 1;40(3):975-9 doi: 10.1021/es050614+.

ЧАСТЬ 2. ПРИРОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ, ОСОБЕННОСТИ И ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

ВВЕДЕНИЕ

Географическое положение, геологическая история и современное общее состояние гидросферы, биосферы и ноосферы формируют предпосылки для многопланового использования природных ресурсов залива, специфику пространственной организации, планирования и осуществления различных, зачастую противоречивых по своей направленности видов деятельности. Важной компонентой фона, на котором протекает природопользование и развиваются его отдельные направления является и геополитическая обстановка.

Данная часть содержит две главы – 5 и 6. Задача главы 5 – предоставить краткий тематический экскурс в современное пространство ВЧФЗ, имеющиеся естественные предпосылки для осуществления природопользования, обусловленные предшествующей историей объекта и находящиеся под влиянием ныне действующих внешних сил – природных и антропогенных, и дать общую динамическую картину изменений, происходящих в объекте, которые могут быть отнесены к влиянию природопользования. Более обширная глава 6 носит справочный характер, являясь компилятивным обобщением сведений о размещении объектов разнонаправленной хозяйственной и иной деятельности, прямо и опосредованно воздействующей как на местообитания и биоту залива, так и на самого субъекта природопользования – человека. Сведения собраны в открытых источниках, включая локальные и региональные планы развития территорий, интернет-источники.

Уже исследованные материалы таких источников позволяют констатировать, что совокупные результаты различных видов деятельности при остающихся непознанными механизмах их взаимодействия друг с другом и природной средой, порождают отклик экосистемы, определенный условиями того пространства, в котором деятельность осуществляется и тем, насколько согласуется та или иная деятельность с возможностями системы сохранять при её (деятельности) осуществлении видимую стабильность (приемная ёмкость). Более детально отдельные аспекты биотического отклика рассмотрены в материалах Части 3. Отклик экосистемы ВЧФЗ сопровождается с утилитарной точки зрения «полезными» и «вредными» эффектами. Так, «вредны» кратковременные разного масштаба изменения местообитаний, которые следуют за конкретными физическими воздействиями (например, связанными с перемещениями грунта и отложений) и время от времени носят разрушительный

характер, меняя состояние водной толщи и донных отложений, береговые линии и рельеф дна. Характер отдельных изменений может быть определён как эмерджентный (скрытый до момента появления адекватных аналитических методов выявления или возникновения научно-исследовательского интереса; проявляющийся при накопительном эффекте), таково, например, выявление присутствия в водных экосистемах фармацевтических соединений и продуктов их метаболизма* (данная проблема заслуживает специального исследования и пока (в данной монографии) не обсуждается, будучи лишь затронутой в части фармацевтического потенциала в Главе 3). Также на протяжении нескольких десятилетий прослеживаются постепенные и кажущиеся внезапными изменения живой составляющей экосистемы – её биоты, которые скорее всего, достаточно долговременны, носят накопительный характер и могут иметь в своей динамике не только видимый, но и латентный период. Таковы изменения первого трофического уровня (см. здесь и часть 3) и заметный рост ксеноразнообразия за счёт видов-эдификаторов (экосистемных инженеров), способных к существованию в условиях нестабильности**, имеющих существенные преимущества перед аборигенными видами к выживанию и расселению в природных условиях ВЧФЗ и при его антропогенной трансформации.

Обе, ставшими более десятилетия заметными, тенденции в изменении биоты свидетельствуют об обозначенной во введении к монографии принципиальной важности непротиворечивого взаимодействия социо-экономической и природной части социоэкосистемы и необходимости принятия во внимание потребностей развития не только её общественной, но и природной составляющих (Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России (М., 2001), Стратегии и плана действий по сохранению биологического разнообразия Российской Федерации (М., МПР, 2014 <https://www.cbd.int/doc/world/ru/ru-nbsap-v2-ru.pdf>). Это определяет потребность в прогностических исследованиях, в том числе и с точки зрения экономических оценок как последствий, так и стоимости продолжения осуществления деятельности.

*Русских Я.В., Чернова Е.Н., Никифоров В.А., Жаковская З.А. Лекарственные соединения в водных объектах северо-запада России. Региональная экология, 2014. 1-2 (35), С. 77-83.**Экосистема эстуария реки Нева: биологическое разнообразие и экологические проблемы, Алимов А.Ф., Голубков С.М. (ред.) М., 2008, КМК.

ГЛАВА 5. ВЧФЗ КАК ПРИРОДНЫЙ ОБЪЕКТ И ГЕТЕРОГЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОРЕПОЛЬЗОВАНИЯ

М.И. Орлова

*ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: marina.orlova2012@gmail.com*

ВВЕДЕНИЕ

Восточная часть Финского залива (ВЧФЗ) и его побережье – центральный и один из наиболее масштабных природных комплексов, определяющих развитие двух ведущих регионов СЗФО – г. Санкт-Петербурга (78) и Ленинградской области (47). Естественные особенности Финского залива сформировались относительно недавно – около 4000 лет назад и определяются геологическим строением Балтийского бассейна, его географическим местоположением, следствием которых является изменчивость абиотических условий, проявляющаяся как результат неперiodических явлений и событий, смены сезонов и вдоль относительно постоянных эстуарных градиентов (ВЧФЗ часто рассматривают как гигантский эстуарий р. Нева (Экосистема..., 2008)), например, солёностного (Рисунок 5.1). Современная динамика биоразнообразия ВЧФЗ, определяющего как формирование экосистемных услуг, главным образом поддерживающего (средообразующего) характера¹⁾ (см. также Главу 3), так и издержек, может рассматриваться как прямое и одновременно опосредованное следствие масштабных воздействий смешанного происхождения, таких, например, как биологические инвазии (Рис. 5.2). Итоги инвазий и иных трансформаций биоты зависят в том числе от исходного естественного вертикального биотопического разнообразия (Рис. 5.3), латеральной изменчивости геологических структур (Глава 7), возможно, от климатических тенденций (Рис. 5.4.), и, несомненно, протекают под влиянием локальных прямых воздействий конкретных видов морепользования (Рис. 5.5, Глава 6).

¹⁾ В Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России (2001) выделены четыре группы жизнеобеспечивающих функций биологического разнообразия, где понимание жизнеобеспечивающих функций близко к понятию экосистемных услуг: (1) регулятивные функции, (2) **средообразующая функция**, (3) продукционная функция, (4) информационная и духовно-эстетическая функции.

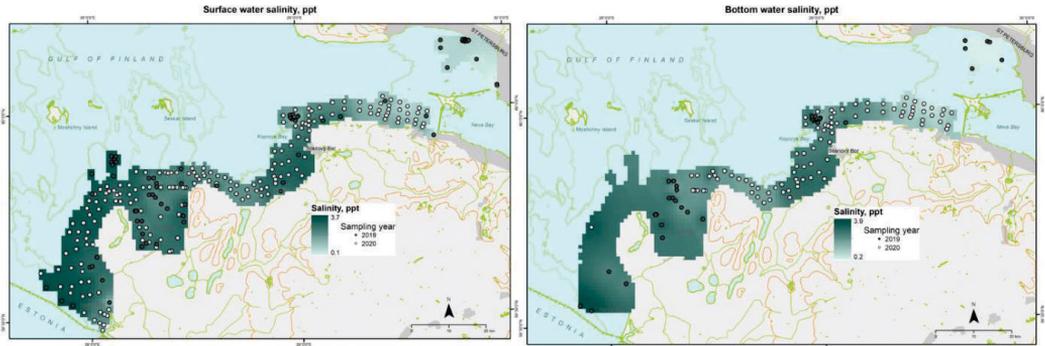
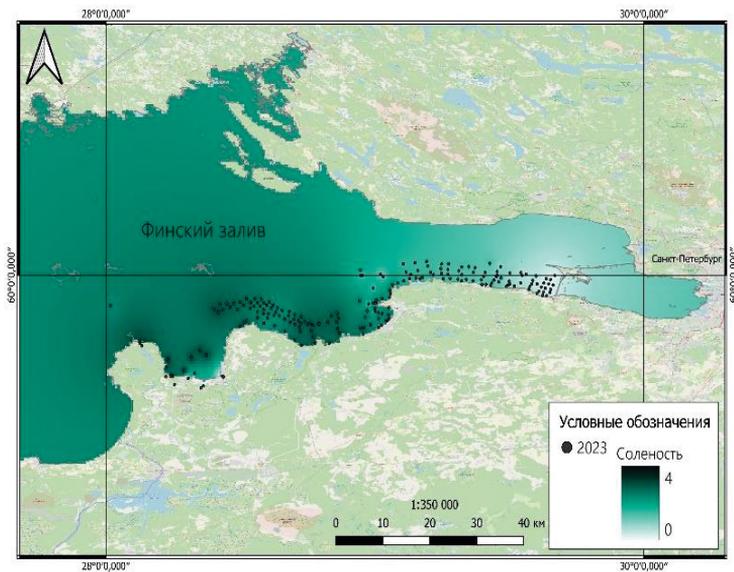
А**Б**

Рисунок 5.1 – Результаты измерения солености воды в направлении «восток-запад» отражают межгодовое постоянство солёностного градиента на основном протяжении ВЧФЗ как результат воздействия стока р. Нева: А – сводные данные за 2019-2020 гг., значения солености в поверхностном (слева) и придонном (справа) слое воды, интерполяция (из Орлова, 2022), Б – результаты измерений 2023 г. в поверхностном слое воды на той же акватории, за исключением Невской Губы. Интерполяции и ГИС-построения выполнены Д.С. Мироновой



Рисунок 5.2 – Пять наиболее значимых глобальных процессов и значение биологических инвазий – процесса смешанного генезиса в трансформации водных экосистем земного шара (по www.millenniumassessment.org)



Рисунок 5.3 – Вертикальный (на примере Курортного района – основного участка наблюдений за морскими чужеродными видами в 2004-2008 гг.) градиент расположения основных биотопов бентали и положение биофильтрационного пояса Финского залива, сформированного преимущественно чужеродными видами обрастателей – средообразователей ((Отчет..., 2008) с дополнениями)

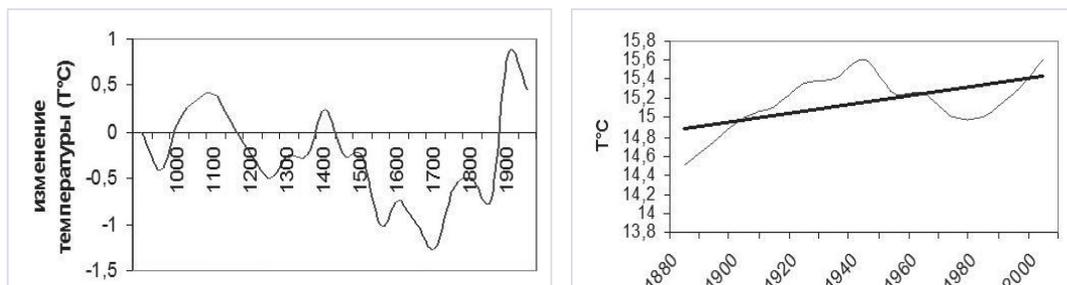


Рисунок 5.4 – Отдельные характеристики вековой изменчивости температуры в Европе в течение 2-го тысячелетия; слева – динамика изменения средней температуры в Европе (Исландия) по отношению к 950 г.; справа-среднегодовая температура в период с 1880 по 2000 гг. (реконструировано по Джон и др., 1982)

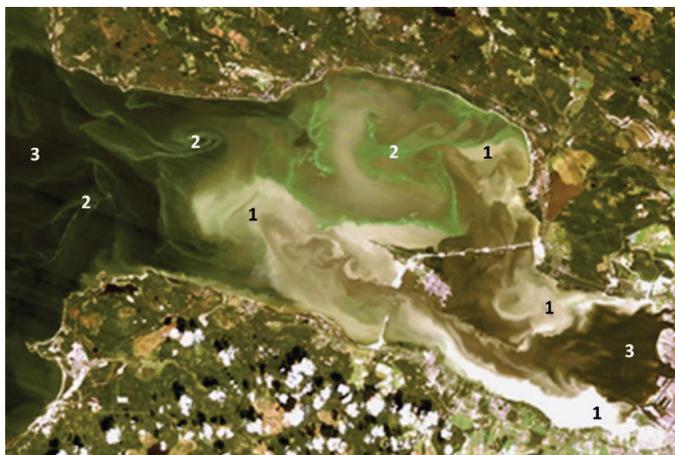


Рисунок 5.5 – Пример картины распределения загрязнения водной толщи Финского залива взвешенным веществом, как следствия проведения масштабных гидротехнических работ в Невской Губе, отделенной от Финского залива строящимся комплексом защитных сооружений (ситуация на 08.08.1986, отраженная сенсором LANDSAT) (фрагмент предоставлен Л.Л. Сухачевой), приводящих к резкому относительно кратковременному нарушению условий обитания планктонных и донных экологических группировок гидробионтов

5.1. Географическое положение и связанные с ним ключевые особенности ВЧФЗ как природного объекта и объекта хозяйственной деятельности в мировом и региональном масштабе

5.1.1. Особенности местоположения и вовлечённости в транспортную сеть

ВЧФЗ – наиболее восточная часть Российского сектора Балтийского моря (РСБМ). Сам РСБМ, омывающий берега 3 регионов СЗФО РФ – 78,47 и Калининградскую область (39), составляет существенную часть площади Балтийского моря – водоёма, на акватории которого действуют разнотипные естественные факторы, характерные для умеренной климатической зоны, современных флуктуаций климата и глубокого материкового положения этой части Атлантического бассейна, соединенной с открытой Атлантикой серией узких проливов. РСБМ также представляет собой сборный географический объект, состоящий из разнотипных участков: гигантский эстуарий – ВЧФЗ; отчлененные косами от основной акватории Балтийского моря опреснённые заливы – Куршский и Вислинский; открытые акватории Самбийского полуострова. Балтика в целом подвержена многоплановым прямым и косвенным воздействиям и последствиям урбанизации, составляет часть единой Мировой системы маршрутов водного транспорта (Рис. 5.6, 5.7). Последнее утверждение справедливо для всего РСБМ – он представляет собой в дополнение к

трансатлантическим еще и совокупность транзитных и терминальных частей внутриконтинентального транспортного коридора. Наиболее ярко транзитный характер выражен в ВЧФЗ, непосредственно вовлечённом в систему восточного коридора (Рис. 5.7), часть которого составляют искусственные системы водотоков, снимающих географические барьеры между речными бассейнами, морскими и континентальными водоёмами Европы. Под влиянием внутри и межконтинентальных коридоров в результате множественных интродукций формируется биота ВЧФЗ, РСБМ, Балтики в целом.

Если рассматривать портовую составляющую транспортной системы, то в ВЧФЗ расположены три из 4-х крупнейших морских портовых комплексов РСБМ – Усть-Луга, Большой порт Санкт-Петербурга и Приморск (Глава 6), обеспечивающие необходимые условия протекания биологических инвазий - регулярность и множественность заносов чужеродной фауны и флоры. Они представляют собой крупные транспортно-логистические кластеры, в состав которых входит также и разнообразная наземная инфраструктура, в том числе транспортная.

РСБМ в целом и ВЧФЗ как его часть представляют собой трансграничный регион, что определяет его значение для оборонного сектора РФ, международного сотрудничества (Глава 1).

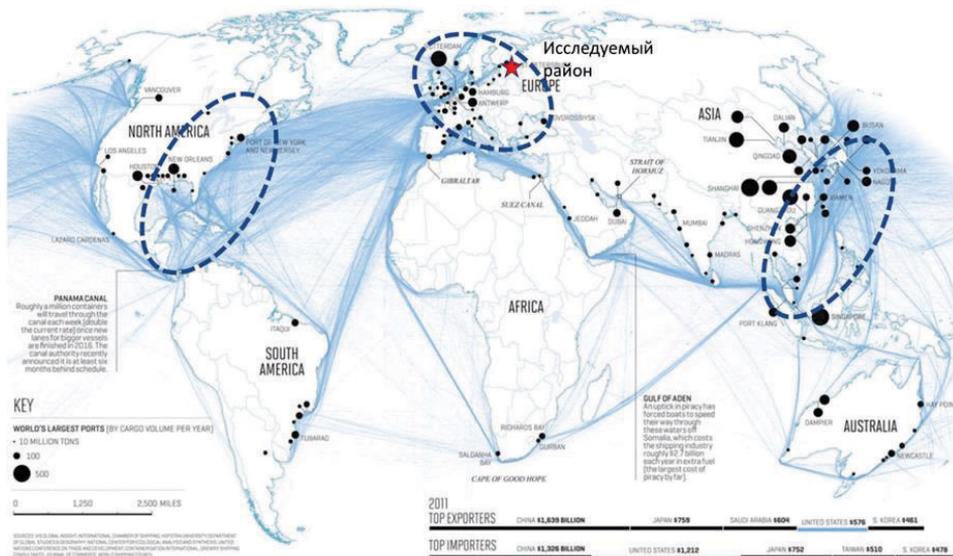


Рисунок 5.6 – Карта современных судоходных маршрутов, играющих роль устойчивых инвазионных коридоров, и местоположение ВЧФЗ (звездочка) в их системе, основные группы регионов-доноров первичных и вторичных интродукций обозначены пунктиром (из: Орлова, 2022)

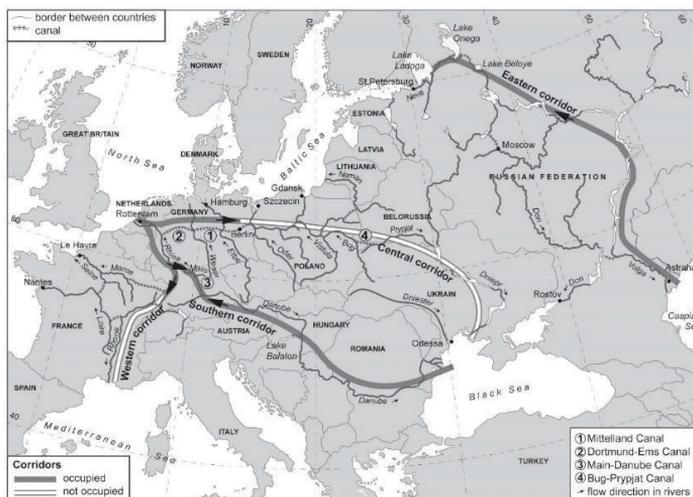


Рисунок 5.7 – Современная система внутриевропейских континентальных транспортных коридоров (по Orlova, 2013), на северо-востоке расположен восточный коридор*), соединяющий ВЧФЗ через Волго-балтийский водный путь (ВБВП **) с Черным и Каспийским морями, которые оказывают прямое влияние как на развития транспортно-логистических комплексов, так и на формирование биоты ВЧФЗ, служа также и инвазивными коридорами

*) Восточный коридор представляет собой сложную систему разнотипных водоемов, соединенных каналами. В него вовлечено четыре бассейна: Волго-Каспийский, Балтийский, Азово-Черноморский, Беломорский. Он географически совпадает с единой глубоководной транспортной системой (глубина фарватера благодаря системе соединительных каналов и водохранилищ, снабженных шлюзами на всем протяжении не менее 3.5 м), соединяющей южные, северо-западные и северо-восточные регионы России. Транспортировка грузов осуществляется во всех направлениях, в том числе судами типа «река-море» грузоподъемностью до 5000 т, без перевалки (Шенкнехт и др., 1981). Значительная часть трассы коридора использовалась как торговый путь из Скандинавии в Малую Азию через восточную Европу в раннее средневековье. Состав и очертания коридора существенно менялись с течением времени. Его северная терминальная часть, Волго-Балтийский водный путь (ВБВП), существует в различных «модификациях» с начала XVIII века. Всего там было построено и последовательно эксплуатировалось 3 водных пути. В течение более 2 в. (с перерывами на войны, разруху, восстановления и реконструкции) теоретически был обеспечен транспорт понто-каспийских (и иных) видов в северном направлении, а с начала XIX в. и вниз, по направлению к Понто-Каспийской области. ВБВП в его теперешнем виде скоростной, скорость прохода судов от Череповца до Санкт-Петербурга составляет только 2.5-3 сут. – время достаточное для выживания большинства видов гидробионтов в сообществах балластных вод и остатков (см. Bailey et al., 2003). В начале 1929 г. была открыта Северо-Двинская система – «ответвление» на восток от ВБВП к Беломорскому бассейну от канала вокруг оз. Белое (верховья р. Шексны), далее по каналу в оз. Кубенское, и оттуда на р. Сухона и Сев. Двина (предшественник – Камско-Северодвинская система, 1822-1838 гг., Скориков, 1903). Балтика связана с Белым морем и через Онежское озеро по Беломоро-Балтийскому каналу (с 1931-1933 гг.)

В южной терминальной области, которая сейчас простирается от Волго-Донского канала в обе стороны на юго-восток и юго-запад до Каспийского и Азовского морей, до 1953 г. в историческое время имелся только один терминальный водоем – Каспийское море. Таким образом, через ВБВП прежде осуществлялось лишь соединение северных двух бассейнов с Волго-Каспийским. С открытием Волго-Донского канала (1953 г.) восточный инвазионный коридор принял современный облик. Транзитная область современного восточного коридора имеет сложные очертания. Основную и наиболее изученную в отношении биологических инвазий ее часть составляет р. Волга от Рыбинского водохранилища до Волго-Донского канала (Slyun'ko et al., 2002).

**) Волго-Балтийский водный путь (ранее Мариинская водная система) – система каналов (снабженная всей необходимой инфраструктурой гидроузлов для пересечения судами типа «река-море» склонов и самого водораздела между Волжским и Балтийским бассейнами), рек и озер на Северо-Западе РФ, соединяющих Волгу с Балтийским морем. Проходит через Рыбинское водохранилище до г. Череповец, Шекнинскому водохранилищу, Белозерскому каналу, р. Ковжа, Мариинскому каналу, р. Вытегра, Онежскому каналу, Онежскому озеру, р. Свирь, Ладожскому озеру и р. Нева. Длина – 1100 км, глубина фарватера – 4м, в реконструированном виде открыта с 1964 г. Продолжением ВБВП является Беломоро-Балтийский канал, соединяющий Онежское озеро с Белым морем (БСЭ).

5.1.2. Ключевые абиотические условия ВЧФЗ

Финский залив имеет площадь в 29 500 км², его протяженность составляет около 420 км, ширина в районе впадения реки Наровы – 130 километров, максимальная глубина – 121 метр. Около половины площади и более трети длины приходится на Российский сектор Финского залива – Восточную часть Финского залива (ВЧФЗ). ВЧФЗ имеет эстуарную природу благодаря формируемому стоком реки Невы гидрохимическим градиентам (рисунок 5.1) и с океанологической точки зрения является частью океанического маргинального фильтра (Лисицын, 1994) Атлантического бассейна. Нева берет свое начало в Ладожском озере, считается одной из наиболее коротких и многоводных рек (средний многолетний годовой расход воды в Неве – 78,9 км³ (в среднем 2500 м³/с)), расстояние от истока до устья Невы по прямой – 45 км (детальная рыбохозяйственная характеристика этого водного объекта имеется в Главе 13). Помимо выраженных градиентов, имеются различающиеся по отдельным условиям и хозяйственной ценности участки ВЧФЗ. Их принято субъективно подразделять на следующие исторически сложившиеся географические и рыбохозяйственные выделы:

– пресноводная Невская губа – от устья реки Невы до Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС), полностью находящаяся в городской черте г. Санкт-Петербург;

– мелководный район – от Невской губы до линии мыс Шепелевский – мыс Флотский;

– глубоководный район – от линии мыс Шепелевский – мыс Флотский до государственной границы в районе о. Гогланд;

– Выборгский залив, граничащий с Финляндией;

– Копорская губа;

– Лужская Губа;

– Нарвский залив, пограничный с Эстонией.

Финский залив замерзает в конце ноября, вскрывается ото льда в апреле, однако стоит заметить, что в теплые зимы он может не замерзнуть. Особенно это характерно для последних лет, когда часто случаются зимы, недостаточно холодные для устойчивого ледового покрова (см. также Рис. 5.4). Это создает проблемы для живых организмов, стратегия размножения которых связана с ледовой обстановкой (например, для морских млекопитающих, Глава 11), а также и населения (рыбаков, которые осуществляют подлёдный лов рыбы, несмотря на опасную ледовую обстановку на Финском заливе) и спасательных служб.

ВЧФЗ, помимо свойств, характерных также и для Балтики – внутреннего европейского солоноватоводного морского водоёма, обладает и рядом естественных региональных свойств: (1) мелководность и, как следствие, (2) выраженная береговая зона; ее активная (3) морфо- и (4) литодинамика в осадочной части; (4) латеральная гетерогенность и (5) существенная вертикальная зональность в местоположении подводных биотопов (Рис. 5.3); (6) наличие протяженного, характерного для эстуариев градиента гидрофизических условий вдоль оси залива, прежде всего, благодаря разгрузке р. Нева (Рис. 5.1). Условия, обеспеченные такими физико-химическими процессами, характерными для океанических маргинальных фильтров, как сорбция, флокуляция, небιοгенная седиментация (Лисицын, 1994), практически не изучены для эстуарного градиента ВЧФЗ, но очевидно играют важную роль в формировании качества воды и экологических группировок уровня первичных продуцентов.

Из составляющих эстуарного градиента ВЧФЗ наиболее примечателен градиент соленостных условий от пресноводных (низкоминерализованные воды Невской Губы) до мезогалинных. Он включает локально в придонном слое воды и грунтах одну из барьерных солёностных зон²⁾ – 5-8 ppt (Хлебович, 1974). В силу своей эстуарной природы и высокого расхода основной питающей реки – Невы, ВЧФЗ отличается даже от других опреснённых районов Балтики пониженной соленостью. Из-за размера ВЧФЗ и стокового течения, соленостный градиент в данном эстуарии очень протяженный и плавный – более 100 км соленость в направлении с востока на запад возрастает от нескольких десятков мг/л в Невской Губе (вода Ладожского озера и Невы содержит 48 мг/л солей (Калесник, 1968)) до 6-8 ppt в придонном слое воды наиболее западных районов. По нашим измерениям 2019-2020 гг. (вне периодов североморских затоков) крайние значения на западе района работ в поверхностном слое воды не превышали 4.2 ppt (рис. 5.1).

Помимо (7) вертикальных (Рис. 5.3) и осевых градиентов (Рис. 5.1) различных условий, под влиянием которых формируются биотопы и их восприимчивость к заселению биотой, типичной для ВЧФЗ, характерны естественные неперіодические события, такие как: (8) сгоны и нагоны, вплоть до наводнений³⁾ (Малова, 2023, см. также раздел 6.1); (9) апвеллинги (Рис. 2.4);

²⁾ Концепция критической солёности, постулирующая резкий перелом абиотических и биотических процессов при солёности около 5–8‰ (Хлебович, 1974), расширена в свете новых данных – о мире РНК, зарождении жизни в калиевой среде и роли натриевого насоса в освоении животными современного натриевого океана. Критическую солёность предложено считать уровнем выработки предками животных натриевого насоса при увеличении в среде этого элемента. Происходящие в калиевой среде предшествующие процессы предложено рассматривать в рамках протоэволюции (Хлебович, 2015)

³⁾ Для Финского залива характерны нагоны воды вследствие сильных ветров. Это особенно часто происходит тогда, когда дуют западные ветры, которые нагоняют большое количество воды. Это нередко

(10) затоки; (11) стоковые течения, иные, чем сток Невы; (12) наличие зон циркуляции естественной (12.1) и техногенной (12.2) природы. Несомненное воздействие на условия как абиотические, так и на развитие биоты оказывает водосборная площадь (13) – один из основных поставщиков, например, биогенов (Кондратьев и др., 1996; Кондратьев и др., 2005), и других веществ, атмосферные переносы (14).

Детали геологического строения демонстрируют расчленённый рельеф и разнообразие донных отложений (и как следствие разнообразие подводных биотопов) (15). Непосредственно для района работ детальное сканирование дна и уточнение литологических особенностей начато в 2023 г., методика и первичные результаты этих исследований изложены в Главах 2 и 7. Данные работы помимо создания картографической основы для данного проекта, впоследствии могут использоваться в картографических сводках и иллюстративных материалах, современных навигационных программных продуктах.

5.1.3. Ключевые черты биоты ВЧФЗ

Одна из важных функциональных черт биоты ВЧФЗ, как и Балтийского моря в целом – возрастание с течением времени (на протяжении всей геологической истории водоёма) трофического статуса (биопродуктивности) прибрежных вод и эстуариев (Cederwall, Elmgren, 1990; Экосистема., 2008 и др.). На современном этапе он определяется также и антропогенной составляющей, вносящей вклад в эпизодические или устойчивые перестройки экологических группировок первого трофического уровня (продуцентов) (Глава 8). Негативным, и по-видимому, не только с человеческой точки зрения, эффектом таких перестроек является массовое развитие в тёплое время года цианопрокариот и других групп фитопланктона (цветение) (Рис. 5.8), донных быстрорастущих форм продуцентов – нитчатых водорослей и корковых образований (Рис. 5.9, 5.10).

Фауна первичноводных беспозвоночных ВЧФЗ состоит из немногих широко распространенных эвригалинных морских атлантических бореальных видов (предположительно заселивших этот водоем в результате палеоинвазий (Vainola et al., 2003)). Фауна «аборигенных» морских элементов в ВЧФЗ существенно более бедна, чем в более западных районах Балтики. Доминирующие арктические реликты – общие с озерами Ладога и Онего (www.ilec.org) (*Monoporeia affinis*, *Pallasea quadrispinosa*, *Mysis oculata*) или

приводит к наводнениям в Санкт-Петербурге, так как вода может подниматься на несколько метров. Во время крупнейшего наводнения в 1824 году воду поднялась на 421 сантиметр.

общих только с одним из этих озерных водоемов (*Saduria enthomon*⁴⁾, Ладога) (Зенкевич, 1956) в настоящее время на значительной части акватории утратили доминирующее положение в донных сообществах. Многочисленные пресноводные бореальные виды (Зенкевич, 1956) и личинки гетеротопных насекомых в пресноводной и пресноводно-олигогалинных частях (Экосистема..., 2008).

Характерной чертой донной фауны ВЧФЗ – основного биологического объекта данного проекта - является ее циклическое обеднение, связанное с многолетними и вековыми колебаниями стока р. Нева, затоками из осолоненных частей Балтики и климатическими изменениями, что, также как повышение трофического статуса и исходную бедность (Экосистема..., 2008), можно рассматривать, как одну из важных предпосылок формирования восприимчивости ВЧФЗ к инвазиям и формированию фауны современного облика с преобладанием в количественном развитии массовых средообразующих видов, способных регулировать направление потоков вещества и энергии. Это биотурбаторы мягких грунтов относительно глубоководных участков, устойчивые к гипоксии⁵⁾ (многочетинковые черви арктического и североамериканского происхождения рода *Marenzelleria* (Рис. 5.11) (Максимов, 2010), обладающие способностью к анаэробному обмену).

На продуктивных прибрежных мелководьях с благоприятным газовым режимом чужеродные виды представлены эдификаторами с фильтрационным типом питания, обрастателями, заселившими твердые и смешанные грунты, характерные для прибрежной зоны, и фактически сформировавшими основу донной составляющей биофильтрационного пояса залива (Рис. 5.3) на всем протяжении солёностного градиента, исключая низкоминерализованные воды Невской Губы.

⁴⁾ Недооценка количественных показателей популяции этого вида донной эпифауны может быть связана с основным подходом к количественным гидробиологическим исследованиям на относительно глубоководных участках, где он обитает – использование дночерпателей, которых он может, в силу своей подвижности, развитых сенсорных систем, избегать.

⁵⁾ Фактор гипоксии (аноксии в крайнем выражении), то есть пониженного содержания кислорода в придонном слое воды, делающем невозможным существование там аэробных организмов, скорее всего имеет двойственную природу с преобладанием вклада антропогенных процессов в развитие этого явления, присущего значительной части акватории Балтийского моря (Meier et al., 2011), включая ВЧФЗ, где до вселения маренцеллерий площадь заморных зон была существенной.



Рисунок 5.8 – Пример масштабного цветения вод залива в июле 2019 года (21 июля) и обросшего экземпляра веслоногого рачка (фрагмент космосьемки предоставлен Л.Л. Сухачевой, фото Л.П. Флячинской)



Рисунок 5.9 – Формирование избыточной биомассы нитчатых водорослей на медководях Копорской Губы под влиянием эвтрофикации, а также усиления гидродинамики вод и термификации, связанных с эксплуатацией объекта энергетики (фондовые материалы)



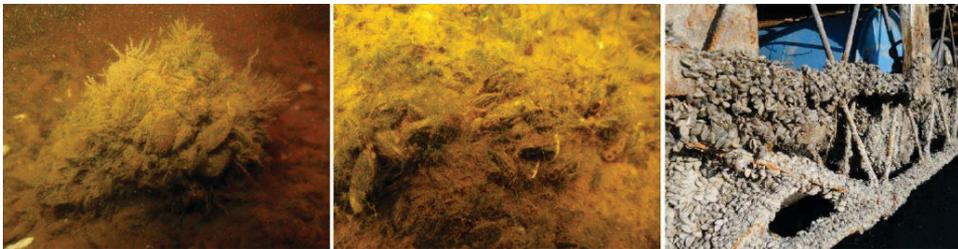
Рисунок 5.10 – 100% покрытие прибрежных мелководий и береговой линии бактериально-водорослевыми матами (2019 г.) – (верхний блок фотографий), и массовое развитие нитчатых водорослей на фоне повышенной мутности воды в зоне подготовительных работ к строительству терминала в районе пос. Дубки, как возможный результат эвтрофикации при проведении строительных и гидротехнических работ и физического нарушения биотопов (Фото М.И. Орловой и Л.В. Жаковой)

Ключевым постоянным носителем биофильтрационной функции на современном этапе формирования экосистемы залива и его биоресурсов стали поселения талассоидов - двустворчатых моллюсков сем. *Dreissenidae* (Рис. 5.10, 5.12) и усоногих рачков *Amphibalanus improvisus* – видов, имеющих морской жизненный цикл с планктонной (расселительной) личинкой (Глава 9). Резидентные первичноводные (моллюски сем. *Unionidae*) виды-фильтраторы, не имеющие столь эффективного механизма расселения и обладающие меньшей соленостной толерантностью, имеют локальное значение, либо функционируют часть года (фитофильная фауна водных беспозвоночных). Массовый постоянный обитатель мягких грунтов зоны бассейновой аккумуляции – условно аборигенный двустворчатый моллюск (Vainola et al., 2003) – *Macoma baltica*, как и другие представители семейства *Tellinidae*, глубоко зарывающиеся в грунт и имеющие длинные сифоны малого диаметра, могут профильтровывать лишь небольшой придонный слой водной толщи и в формировании качества воды для водопользователей существенной роли, скорее всего, не играют.



Рисунок 5.11 - Пробы донных отложений, пронизанные ходами (норами) массового биотурбатора чужеродного многостетинкового червя *Marenzelleria sp.* Вверху – пробы из Лужской Губы (на правой фотографии особь аборигенного двустворчатого моллюска *Macoma baltica*), внизу слева – из Копорской (2019 г.), справа – из Нарвского залива (2020 г.) (фото М.И. Орловой)

А.



Б.

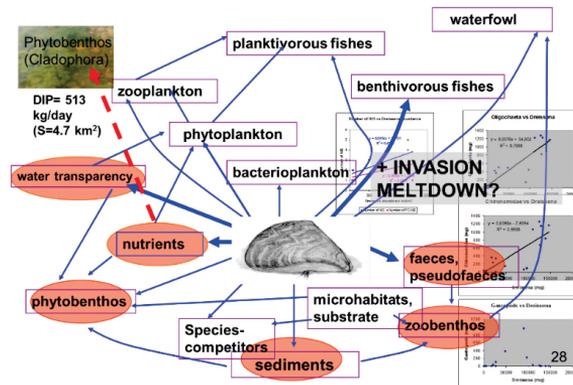


Рисунок 5.12 – Эдификаторы (средообразователи) – фильтраторы прибрежной зоны - сем. Dreissenidae. А -Разнотипные поселения эдификатора средообразователя в прибрежной зоне - двустворчатого моллюска-обращателя – представителя рода *Dreissena* в естественных (первые две фотографии – в составе биофильтрационного пояса Финского залива) и техногенных условиях, вклад в общую биомассу перифитона (обрастания) достигает 99% (фондовые материалы), третья взята из открытых интернет-источников.

Б. - Роль поселения вида эдификатора-обрастателя с фильтрационным типом питания на примере поселения *D. polymorpha* Курортного района Санкт-Петербурга в формировании экологических группировок и воздействие на перераспределение потоков вещества и энергии между бенталью и пелагиалью водоема из (Орлова, 2022)

В целом относительно естественных особенностей можно констатировать, что ВЧФЗ характеризуется многообразием подводных ландшафтов (Глава 7), пресноводно-олигогалинными, сходными с условиями континентальных водоёмов (Рис. 5.1), в которых доминирующее положение в последние несколько десятилетий заняли чужеродные беспозвоночные из группы талассоидов, обладающие морским жизненным циклом и способностью достигать массового развития, функционировать в качестве экосистемных инженеров (Рис. 5.12). Это предполагает их существенное воздействие – регулирующее и средообразующее¹⁾ – на состояние водной толщи и донных отложений. Известно их регулирующее воздействие на продуктивность водоема через бентификацию потоков энергии и формирование микроместообитаний, изменение соотношения Редфилда (C:N:P)⁶⁾ в водной толще (Дрейссена..., 1994, Karataev et al., 1997; Vanderploeg et al., 2002; Максимов, 2010; Верес и др., 2012), способностью к быстрому расселению и освоению искусственных образований (гидротехнические сооружения) – предпосылка к формированию биопомех (Главы 4, 9).

5.2. О современных тенденциях в трансформации местообитаний и биоты ВЧФЗ, которые могут быть обусловлены ключевыми видами морепользования

На таком природном фоне, характеризующемся 15 ключевыми естественным абиотическими особенностями (подраздел 5.1.2), своеобразием биоты (подраздел 5.1.3), осуществляются конкретные виды преимущественно хозяйственной, ориентированной на получение экономической выгоды, деятельности, в том числе с чертами конфликта с охраной природы, рекреацией и другими видами взаимодействия человека с природой, направленными на удовлетворение культурных и эстетических потребностей населения, сохранение природных ресурсов. Например, (1) реализуются масштабные гидротехнические проекты по дноуглублению и созданию новых территорий, сопровождающиеся прямыми воздействиями на подводные ландшафты ВЧФЗ через дреджинг, шлейфы от которого охватывают существенную часть акватории ВЧФЗ (Рис. 5.5, 5.13, 5.14) и опосредованными – ухудшением

⁶⁾ Соотношение биогенных элементов в sestone водных экосистем (C:N:P (соотношение Редфилда)) по данным более 2 тыс. наблюдений в различных озерах и морях составляет в среднем C166:N20:P1 в молярном эквиваленте (в весовом – C62:N9:P1). Однако в большинстве исследований соотношения C:N:P в sestone пресноводных экосистем показывают высокую степень вариабельности (Верес и др., 2012). Особенно существенно оно меняется во взвешенном веществе с изменением трофического статуса в сторону повышения доли биогенов (N, P) по отношению к углероду.

трофических условий, сказывающихся на динамике популяций планктонных и донных фильтраторов (Рис. 5.13 Б), к числу которых относится значительная часть ключевых видов-вселенцев ВЧФЗ, формирующих современный биофильтрационный пояс (Рис. 5.3, 5.12).

В общей сложности только в начале XXI в. можно было выделить несколько основных периодов охвата существенной части залива воздействием таких работ (Рис. 5.13 Б). Помимо прямых физических разрушительных последствий гидротехнических вмешательств для подводных биотопов и водной толщи, следует принимать в расчет ресуспензию донных отложений, которая вносит свой вклад в такой важный «пан-балтийский» процесс как *эвтрофикация и ее каскадные эффекты, в том числе уже упоминавшиеся и проиллюстрированные выше:*

– формирование газового режима в придонном слое воды и донных отложениях, неблагоприятного для большинства представителей аборигенной фауны, но приемлемого для вселенцев и аборигенных форм жизни, способных к анаэробному обмену;

– через изменения содержания в водной толще основных биогенов⁶⁾, цветение воды фитопланктоном, в том числе цианобактериальным (Рис. 5.8 фрагмент космосъемки) и формирование специфических условий на сугубых мелководьях, выражающиеся в аномальном развитии быстрорастущих нитчатых водорослей и массовом появлении бактериально-водорослевых корковых образований (Рис. 5.10), *роль которых в формировании качества воды и биопродуктивности залива, а также значение для здоровья человека и массовых видов прибрежных гидробионтов, включая рыб, структуры первого трофического уровня, предстоит выяснить в ходе выполнения специализированных проектов.*

Локальным, но важным фактором прямого воздействия является (2) – термификация при эксплуатации АЭС (Рис. 5.11А 5.13А) части акватории Копорской Губы – одного из наиболее продуктивных участков залива, сообщества которого включают значительное в сравнении с другими акваториями, число теплолюбивых видов беспозвоночных (Глава 9) и чужеродных рыб (Глава 10). ЛЕНАЭС – крупнейший водопользователь региона входит в состав ядерного кластера Ленинградской области (раздел 6.4), формирующегося в пределах городской агломерации Сосновый Бор. Возможно, термификация, усиление гидродинамики вод Копорской Губы под влиянием циркуляционных течений, формируемых ЛЕНАЭС, вместе с естественными – особенностями – обилием твердых субстратов в береговой зоне – одна из причин

массового развития (избыточной продукции) быстрорастущих нитчатых водорослей рода *Cladophora* (Рис. 5.9). Именно этот участок залива, также как и Лужская губа, на побережье которой находится крупнейший транспортно-логистический кластер – многопрофильный порт Усть-Луга, оказываются и наиболее восприимчивы к натурализации чужеродных видов (Рис 5.15).

В 2019-21 гг. была создана береговая инфраструктура и продолжено развитие трубопроводного транспорта (Норд Стрим – 2). Обустройство подводной системы трубопроводов (3) – локальный вид деятельности с относительно кратковременными последствиями.

Долговременная межрегиональная хозяйственная деятельность, разнонаправленно воздействующая на биоту, осуществляется не только через водные транспортные системы (рисунки 5.6 – 5.7), но и через (4) прочие: железнодорожный, воздушный, автомобильный транспорт, оказывающие влияние на изменения состава биоты и через эксплуатацию подвижного состава, нарушение местообитаний при создании и эксплуатации инфраструктуры. Развитием на берегах и акватории Лужской Губы в последние 10 лет порта (раздел 6.3), в настоящее время остались не затронуты напрямую лишь участки, находящиеся в погранзоне и в пределах ООПТ – Кургальского заказника.

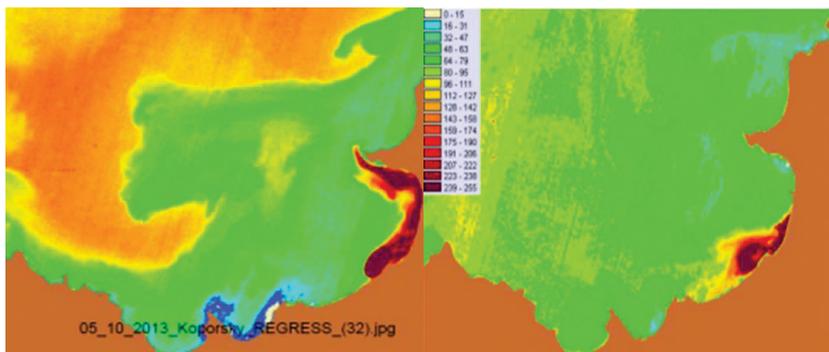
Важным фактором, сказывающемся на состоянии одной из основных экосистемных услуг – создании рыбопродуктивности ВЧФЗ, в настоящее время является (5) рыболовство (Часть 4), пока неучтённым косвенным фактором смешанной природы можно считать (6) изменчивость распределения и видовой представленности водных млекопитающих – конечного звена природных трофических цепей (Глава 11) – объекта, зависящего одновременно от природоохранной деятельности и естественной изменчивости ледового покрова.

Для большинства прибрежных районов характерна (7) неконтролируемая (за исключением участков с ограничениями режима передвижения) рекреация, имеющая своим следствием накопление и разложение твёрдых бытовых отходов, остающихся вне переработки, и непромышленное рыболовство с использованием маломерных плавсредств и снастей, *вклад которых в трансформацию природной среды, в изъятие природных ресурсов, равно как и в расселение чужеродной фауны и флоры, также предстоит выяснить.*

Очевидную важную роль во взаимодействии человека и природы в связи с ростом потребления не только природных ресурсов, но потребительского отношения к жизни, начинают играть все виды отходов – газообразные, жидкие и оформленные. В связи с такими современными реалиями, факторами влияния на ВЧФЗ становятся (8) особенности управления атмосферными выбросами,

сбросом и очисткой сточных бытовых и промышленных вод, обращение с твёрдыми отходами. Важным комплексным фактором прямого и опосредованного воздействия на залив становятся атмосферные выбросы, водопотребление и водоотведение на урбанизированных территориях (агломерациях) и территориях размещения крупных хозяйственных объектов. Комплексное воздействие водоотведения и атмосферных выбросов таких объектов проанализированы в следующей главе (раздел 6.2).

А.



Б.

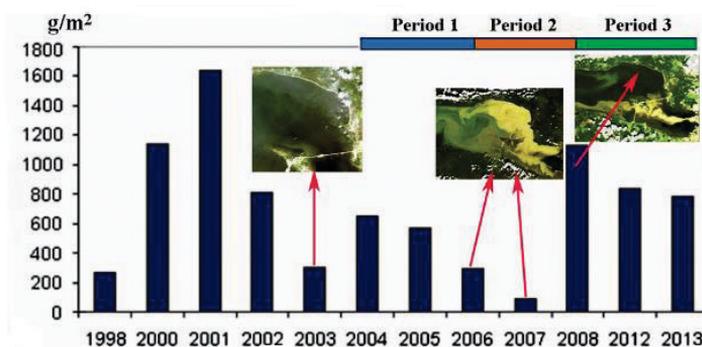


Рисунок 5.13 – Примеры масштабных и разной временной длительности антропогенных воздействий на условия существования биоты. А – картины распределения температурных полей, полученной с использованием космосъемки в инфракрасном режиме при различных гидрологических ситуациях (температура дана в условных единицах) за счет термического воздействия Ленинградской АЭС на Копорскую губу, зарегистрированные сенсором Landsat-8 слева 25 августа, справа 10 мая 2013 г (инфракрасный канал В10) (тематическое дешифрирование выполнено и любезно предоставлено Л.Л. Сухачевой). Б – Воздействие гидротехнических работ на динамику популяции одного из ключевых видов – экосистемных инженеров, формирующих биофильтрационный пояс ВЧФЗ на пресноводно-олигогалинном участке (Сухачёва, Орлова, 2014)

В ВЧФЗ имеются участки (9) добычи железомарганцевых конкреций (ЖМК) (внешний вид этих полезных ископаемых на (Рис. 5.16)), приводящей к нарушениям структуры донных отложений и, как следствие, исчезновению из

таких участков аборигенных сообществ на некоторое время. Это может дополнительно способствовать заселению таких участков пионерными видами с планктонной личинкой, к числу которых относятся многие вселенцы-беспозвоночные. Вполне возможен и разнос вселенцев по акватории залива с орудиями добычи ЖМК, то же происходит при применении техники для извлечения грунта (Рис. 5.17), используемой как для масштабных, так и для локальных гидротехнических проектов.



Рисунок 5.14 – Варианты распределения мутности в ВЧФЗ под воздействием природных и антропогенных факторов в 2013 году: а) 3.06.2013г., гидротехнические работы по строительству ММПК Бронка еще не начались; б) 03.08.2013г., в районе южного створа КЗС ведутся инженерные работы, в ВЧФЗ отмечается интенсивное развитие фитопланктона, стратификация водных масс; в) 16.08.2013г., ведутся гидротехнические работы, нагонная ситуация (превышение ординара на 100 см), стратификация в ВЧФЗ, взмучивание донных осадков в НГ; г) 07.09.2013г., инженерные работы, сгонная ситуация, стратификация, апвеллинг, развитие фитопланктона, д) 16.10.2013г., инженерные работы, стратификация, апвеллинг; е) 26.11.2013г., ведутся инженерные работы, в ВЧФЗ – осеннее перемешивание водных масс (подготовлено Л.Л. Сухачевой)

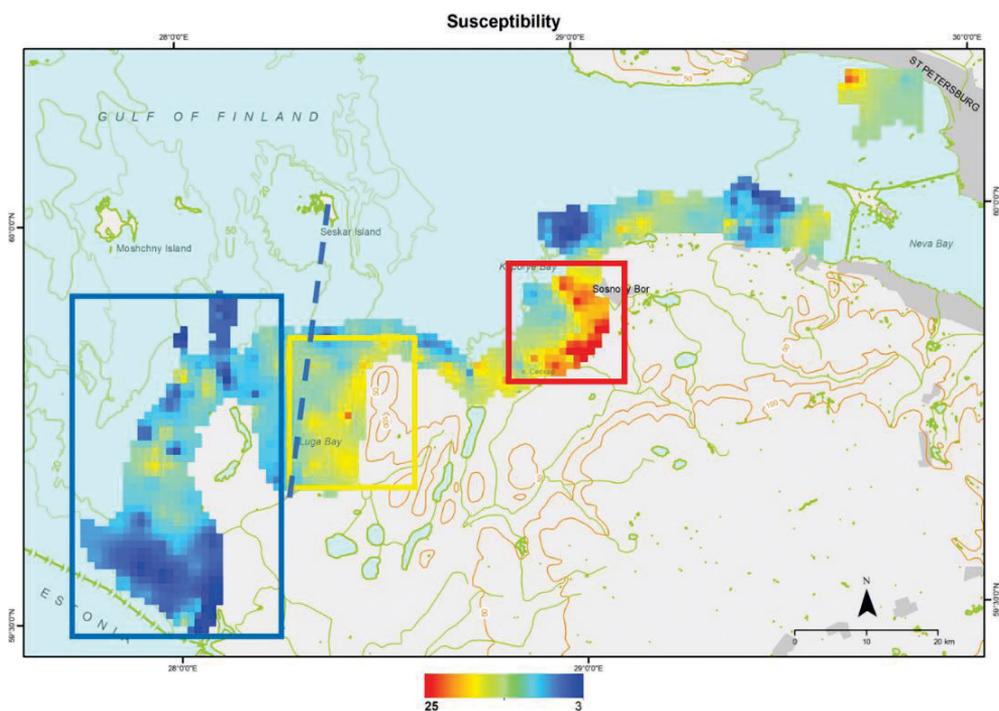


Рисунок 5.15 – Пример результатов исследования восприимчивости ВЧФЗ к экспансии нежелательных чужеродных видов: ГИС- визуализация кумулятивного индекса восприимчивости к инвазиям донных чужеродных видов. Красным прямоугольником ограничен наиболее восприимчивый район – отепленная часть Копорской Губы, синим – район, наиболее удаленных от Санкт-Петербурга, где действуют природоохранный и приграничный режимы (пунктиром обозначена линия, западнее которой действуют ограничения, связанные с пограничным режимом; желтым – район наиболее интенсивного судоходства и гидростроительства (из Орлова, 2022)



Рисунок 5.16 – Железомарганцевые конкреции (ЖМК) в пробе, собранной на участке 19-GFKop-3, специфика формирования конкреций на участке 19-GFKop-6



Рисунок 5.17 – Виды техники, используемой при изъятии грунта, содержат разнообразные элементы оборудования (стрелки), имеющие сложную конфигурацию, благодаря которой снаружи и внутри них могут оставаться во влажном состоянии донные отложения вместе с взрослыми организмами и их расселительными стадиями, включая малоподвижных животных с прямым развитием или живорождением

(10) Ведение садкового хозяйства (выращивание чаще всего рыб-интродуцентов) могло или может в будущем быть вектором некоторых непреднамеренных первичных интродукций новых видов, сопутствующих целевым объектам аквакультуры. Так, не исключено, что интродукция пресноводной мшанки – *Plumatella geimermassardi* – потенциального источника биопомех южноевропейского происхождения, найденной пока локально в Копорской Губе, могла произойти именно с объектами аквакультуры – лососевыми рыбами (Гонтарь, 2016).

(11) Для отдельных участков побережья характерна вышеупомянутая кластерная организация морепользования, как это осуществляется на побережье Копорской Губы, где располагается в непосредственной близости от Санкт-Петербурга ядерный кластер Ленинградской области (Бодров, 2021), сосредоточены аггломерации городов и крупных поселков.

(12) За счет создания комплекса защитных сооружений Невская Губа – внутригородской водоем вершины Финского залива – полностью трансформирована в техногенную лагуну, играющую, помимо места локации Большого порта Санкт-Петербурга и внутреннего водоема Санкт-Петербурга,

роль буферного резервуара, являющего частью системы предотвращения наводнений (Отчет..., 2023; раздел 6.1 здесь).

Среди видов деятельности, целенаправленно препятствующих трансформациям местообитаний и биоты - охрана природы в форме создания особо охраняемых территорий (ООПТ) (13) (раздел 6.5).

Помимо утилизации отходов, ограничений, связанных с приграничным и природоохранным режимом, поддержание если не биологического разнообразия, то рыбопродукционных свойств (и соответствующей обеспечивающей экосистемной услуги – см. Главу 14) возлагается на (14) регулярно проводимые пост-проектные компенсационные мероприятия, выражающиеся в зарыблении акватории мальками и подрощенной заводской молодью ценных видов промысловых рыб (https://nwfishvod.ru/?page=news&news_id=11).

5.3. К вопросу об отнесении ожидаемых и побочных эффектов морепользования к категориям позитивных и негативных

В настоящее время продолжается трансформация залива из природного комплекса во внутри- и межконтинентальный, насыщенный необходимой инфраструктурой транспортный коридор, играющий важную роль в развитии экономики как самого нашего региона (78+47), так и в обеспечении его связанности в единую систему с другими регионами России и мира, что расценивается положительно. В значительной мере решена задача регулирования гидрологических событий в вершине Финского залива за счёт строительства и штатной эксплуатации Комплекса защитных сооружений (КЗС), попутно решена и задача прогностического моделирования таких гидрологических событий (раздел 6.1). Очевидно, что несмотря на неоднозначное отношение населения и научного сообщества к КЗС в период проектирования и строительства данного сооружения, его основное целевое назначение – обеспечение безопасности жизнедеятельности населения и упреждение финансовых и материальных потерь из-за наводнений – реализовано. Оценивая результат создания КЗС в аспекте тематики проекта, которому посвящена данная монография, можно считать, что созданием и эксплуатацией КЗС оплачена одна из наиболее значительных издержек экосистемы – реализация угрозы наводнений.

Отчасти благодаря преимуществам от создания и эксплуатации КЗС и на фоне видимых (Рис. 5.5., 5.13, 5.14) и ожидаемых (снижение буферного объёма Невской Губы при существующих темпах создания намывных территорий)

последствий гидротехнической деятельности последних 20 лет, вопрос о проявлении ожидавшихся негативных эффектов от строительства и эксплуатации КЗС активно не обсуждается.

Один из наиболее значимых с точки зрения функционирования живых сообществ естественных откликов экосистемы ВЧФЗ, молодой в эволюционном отношении и характеризующейся лакунами в системе экологических лицензий, на разноплановые воздействия на фоне её вовлечённости в транспортную мировую систему, а на отдельных участках на фоне отепления и изменения гидродинамики вод – биологические инвазии. Они неодинаково проявляются на различных участках залива в разной степени к ним восприимчивых (рисунок 5.15), примечательно, что восприимчивость в том числе определяется и действием регулирующих ограничительных административных мер (Орлова 2022). В проявлении этого значимого глобального фактора трансформации морских и континентальных водоёмов (рисунок 5.2), относимого к категории негативных (Millenium..., 2005), прямые и косвенные издержки от которого недооценены (Pimentel et al., 2000), Финский залив не уникален. Однако, в случае этого водоёма, доминирующая группа вселенцев – консументы-эдификаторы, находящиеся в составе донных трофических цепей, в том числе тепловодные, обладающие морским жизненным циклом (талассоиды) и фильтрационным типом питания. Функциональные особенности популяций подобных живых организмов, получающих в складывающихся условиях антропогенных воздействий и климатических изменений, преимущественное развитие и возможности расселения – причина формирования (*de novo!*) современного биофильтрационного пояса, обеспечивающего природную составляющую поддержания качества технической воды для многих водопользователей (предприятия энергетического, индустриального, транспортного секторов, крупные населенные пункты Ленинградской области и периферии агломерации г. Санкт-Петербург). Сформированный вселенцами пояс занимает по вертикали сугубые мелководья и глубины до 12 м (субаквальная часть береговой зоны) (Экосистема..., 2008, рисунок 5.3), на участках, где отсутствуют условия для развития высшей водной растительности в фотической зоне и ниже неё. Этот пояс можно считать дополнением к известному своей способностью к самоочищению водоёмов поясу высшей водной и полуводной растительности (Глава 8). В то же время часть чужеродных видов-эдификаторов обладает потенциалом источника биопомех (Глава 9), а последствия их фильтрационной активности и экскреции растворимых биогенных веществ требуют проведения целевых научных исследований (Orlova et al., 2004; Максимов, 2010; Верес и др.,

2012). Одновременно с таким потенциалом возможно рассмотрение части из них как средства биоремедиации (деэвтрофикации) залива путем безвозвратного изъятия их биомассы при культивировании (Kotta et al., 2020).

Неоднозначны последствия повышения биопродуктивности ВЧФЗ. Избыточная биопродуктивность первого трофического уровня – один из источников издержек, выражающихся в массовом развитии цианобактерий, в том числе корковых образований, и быстрорастущих макрофитов (Рис. 5.7, Глава 8), чему содействует естественное эвтрофирование, эвтрофикация и, с высокой долей вероятности, погодные (климатические) условия (Рис. 5.4.). Вместе с тем, высокая первичная продуктивность – основа поддержания рыбных ресурсов (Главы 10,13), которые, по-видимому, и в силу вышеуказанных трансформаций существенно недоиспользуются (Глава 4), в том числе и за счёт сокращения промышленного лова рыбы как следствия закрытия рыбоперерабатывающих предприятий, например, на южном берегу (Бодров, 2021).

Несомненно, негативным итогом воздействий, главным образом антропогенного характера, на фоне гидрофизических особенностей, можно считать масштабные относительно кратковременные изменения отдельных местообитаний и более значительных пространственных выделов вплоть до их полного разрушения. Например, при осуществлении масштабных гидротехнических проектов.

Несмотря на все виды наземной и морской деятельности, способствующие разноплановой трансформации ВЧФЗ, природные и историко-культурные ценности Финского залива – территории, акватории и объекты, являются объектами охраны (Глава 6) и по-прежнему остаются источником рекреационных экосистемных услуг, пространством и ресурсом для научно-познавательного туризма и научных исследований. В частности, данным проектом начато детальное исследование прибрежных мелководий, остающихся вне внимания учёных в силу невозможности их обследования с типичных научно-исследовательских судов, имеющих значительную глубину осадки, для чего разработан интегративный подход (Глава 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Относительно ключевых естественных особенностей можно констатировать, что ВЧФЗ характеризуется многообразием подводных ландшафтов, обусловленным вертикальной и латеральной, включая эстуарные градиенты, изменчивостью, преимущественно пресноводно-олигогалинными,

сходными с условиями континентальных водоёмов. Доминирующее положение в таких условиях в последние несколько десятилетий заняли чужеродные беспозвоночные из группы талассоидов. Они обладают морским жизненным циклом и способностью достигать массового развития, функционировать в качестве экосистемных инженеров. В значительной мере их присутствие в ВЧФЗ обеспечено вовлечённостью залива в мировую и внутриевропейскую транспортную сеть. Функционал и количественное развитие таких видов предполагает их существенное воздействие – регулирующее и средообразующее – на состояние водной толщи и донных отложений. Их способность к быстрому расселению и освоению искусственных образований (гидротехнические сооружения) – предпосылка к формированию биопомех (Глава 9). Однако основная предпосылка как биологических инвазий, так и ряда других наблюдаемых явлений, которые расцениваются как рукотворные и негативные – естественная специфика очень «молодой» водной биоты, отличительная черта которой – наличие лакун в системе экологических лицензий, занимаемых видами талассоидов чужеродного происхождения (Глава 9), и многотысячелетняя и также естественная тенденция к росту биопродуктивности Балтики.

Природный комплекс ВЧФЗ в его современном состоянии несомненно подвержен значительным антропогенным нагрузкам, сопровождающим урбанизацию отдельных территорий и многоплановую морскую и наземную деятельность, организованную на некоторых, существенных по протяжённости участках, как «кластеры». Результаты и последствия морепользования, осуществляемого в регионе, включая побочные эффекты, следует расценивать непредвзято. Так, наряду с однозначно деструктивными (негативными) существует и ряд трансформаций местообитаний и биоты, играющих поддерживавшую роль в обеспечении безопасности жизнедеятельности населения и удовлетворении потребностей водопользователей. Таково создание комплекса защитных сооружений, развитой системы водного транспорта, изменение функционального биоразнообразия, вызванного натурализацией чужеродных видов. Его, и в целом процесс биологических инвазий, можно рассматривать с одной стороны как побочный отклик биоты залива на создание инфраструктуры водного транспорта и снятия географических барьеров, на другие эффекты хозяйственной деятельности (под номерами (1-5), (9), (10) в подразделе 5.2), который выражается в нарушении естественного биоразнообразия. С другой стороны, тот же отклик определяет формирования биофильтрационного пояса, улучшение газового режима в донных биотопах глубоководной зоны залива, что в специальных комментариях не нуждается.

Поддержание же ВЧФЗ в состоянии его сохранённой природной ценности во многом зависит от условно компенсаторных видов деятельности, утилизации и иных экологических способов обращения с отходами и выбросами и охраны природы путем создания ООПТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Бодров О.В. [11/05/2021] SOSновый Бор, ядерный кластер южного берега Финского залива и уроки Чернобыля.
<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=9636>. (Дата обращения 12.12.2023).
- Верес Ю. К., Жукова Т. В., Остапеня А. П., 2012 Биогенный состав взвешенного вещества в водоёмах разного трофического типа. Вестник БГУ. Сер. 2. 2012. № 3, С.40-44.
- Выпуски молоди водных биоресурсов для АО Норд Стрим 2 АГ 23 мая - 5 июня 2019. Сайт ФГБУ «Главрыбвод» Северо-западный филиал. Официальный сайт.
https://nwfishvod.ru/?page=news&news_id=11 дата обращения 22 декабря 2023 г.
- Гонтарь В. И. 2016. Описание первой находки пресноводной мшанки *Plumatella geimermassardi* Wood&Okamura, 2004 (Phylactolaemata) в Копорской губе восточной части Финского залива // Региональная экология. 2016. № 1(43). С. 57–62.
- Джон Б., Дербишир Э., Янг Г., Фейбридж Р., Эндрюс Дж. 1982. Зимы нашей планеты. М., Мир.
- Дрейссена, *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae). Систематика, экология и практическое значение. Я.И. Старобогатов (ред.) 1994. М.: Наука, 240 с.
- Зенкевич Л. А. 1956. Моря СССР, их фауна и флора. Изд. 2. М., Учпедгиз.
- Калесник С.В. 1968. Ладожское озеро. Л., Гидрометеиздат.
- Кондратьев С.А., Ефремова Л.В., Сорокин И.Н., Егоров А.Н., Кулибаба В.В., Родионов В.З. Оценка внешней нагрузки на Финский залив. // Экологическая химия, 1996, 5(4), С.240-249.
- Кондратьев С.А., Игнатьева Н.В., Расплетина Г.Ф., Лыскова У.С., Маркова Е.Г. 2005. Ладожское озеро как геохимический барьер на пути транспорта фосфора с водосборного бассейна в Финский залив. //41. Материалы международной конференции «День Балтийского моря». СПб., 2005, с. 66.
- Лисицын, А.П.1994. Маргинальный фильтр океанов. Океанология, 1994, том 34, №5, С. 735-747.
- Максимов А.А. 2010. Крупномасштабная инвазия *Marenzelleria spp.* (Polychaeta, Spionidae) в восточной части финского залива балтийского моря. Российский журнал биологических инвазий. 2010. №4.
- Малова, Т. И. Наводнения Невы как комплексная научная проблема / Т. И. Малова, А. А. Родионов // Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики: ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Санкт-Петербург, 14–16 сентября 2022 года. – Санкт-Петербург: Издательство «ЛЕМА», 2023. – С. 56-61.

Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. М., 2001. 76 с.

Орлова М.И. Биологическая инвазия – горнило для эволюции? Экологическая генетика 2011, Т. 9 №3, С 33-46.

Орлова, М. И. Серая книга Российского сектора Балтийского моря : В 5 томах / М. И. Орлова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – 261 с.

Отчёт 2023..., Отчёт о научно-исследовательской работе «Разработка прогноза динамики структурно-функционального разнообразия и услуг экосистем; совершенствование подхода к оценке экономического прогресса в регионе Финского залива как части Северо-Западного федерального округа Российской Федерации с учётом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона в контексте эксплуатации биотических элементов природных комплексов на примере подводных ландшафтов в условиях естественных и техногенных воздействий».

Отчет..., 2008, Мониторинг чужеродных видов. Итоговый отчет по НИР Комитету по природопользованию, охране природы и обеспечению экологической безопасности, при Правительстве Санкт-Петербурга. (Алимов А.Ф. руководитель, Орлова М.И. Отв. Исполнитель, Флоринская Т.М.. координатор). Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, 2007, 167 с.

Русских Я.В., Чернова Е.Н., Никифоров В.А., Жаковская З.А. Лекарственные соединения в водных объектах северо-запада России. Региональная экология, 2014. 1-2 (35), С. 77-83. Скориков А.С., 1903. Современное распространение *Dreissena polymorpha* в России. Тр Саратовского общ-ва естествоиспытателей, 3(2).

Сухачева Л. Л., Орлова М. И. О применении результатов спутниковых наблюдений восточной части Финского залива к оценке воздействия естественных и антропогенных факторов на состояние акватории и биотических компонентов экосистемы. Региональная экология // 2014. - Т 35(№1-2). - С.62-76.

Тема FMRU-2023-0002 (промежуточный, этап 1). Государственного задания, Санкт-Петербург, СПбНЦ РАН, 2023, 486 с.

Хлебович В.В. 1974 Критическая соленость биологических процессов. Л., Наука.

Хлебович В.В. 2015 Критическая соленость как маркер смены калиевой эпохи в развитии жизни на натриевую. Успехи современной биологии Т. 135 №1. СС. 1-3.

Шенкнехт Р., Люш Ю., Шельцель М. 1981 Суда и судоходство будущего. Л. Судостроение.

Экосистема эстуария реки Нева: биологическое разнообразие и экологические проблемы, Алимов А.Ф., Голубков С.М. (ред.) М., 2008, КМК.

Bailey S.A., Duggan I.C., van Overdijk C.D.A., Jenkins P.T. & MacIsaac H.J. 2003. Viability of invertebrate diapausing eggs collected from residual ballast sediment. Limnol. Oceanogr., 48:1701–1710.

Cederwall H., Elmgren R. (1990) Biological effects of eutrophication of the Baltic Sea, particularly the coastal zone. Ambio 19: 109-112.

- Karatayev A.Y., Burlakova L.E., Padilla D.K. 1997. The effects of *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion on aquatic communities in Eastern Europe. *J. of Shellfish Research*. 16 (1):187-203.
- Kotta J, Futter M, Kaasik A, Liversage K, Rätsep M, Barboza FR, Bergström L, Bergström P, Bobsien I, Díaz E, Herkül K, Jonsson PR, Korpinen S, Kraufvelin P, Krost P, Lindahl O, Lindegarth M, Lyngsgaard MM, Mühl M, Sandman AN, Orav-Kotta H, **Orlova M**, Skov H, Rissanen J, Šiaulyš A, Vidakovic A, Virtanen (2020) Cleaning up seas using blue growth initiatives: Mussel farming for eutrophication control in the Baltic Sea. *Sci Total Environ*. 2020 Mar 20;709:136-144. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136144. PMID: 31905569.
- Meier H.E.M., Andersson H.C., Eilola K. et al. Hypoxia in future climates: A model ensemble study for the Baltic Sea // *Geophys. Res. Lett.* 2011. V. 38, L24608, doi:10.1029/2011GL049929.
- Orlova M.I. Origin and Spread of Quagga Mussels (*Dreissena rostriformis bugensis*) in Eastern Europe with Notes on Size Structure of Populations in T. Nalepa, D. Schloesser (eds.) *Quagga and Zebra Mussels: Biology, Impacts, and Control*, Second Edition. 2013. CRC Press.
- Orlova M., Golubkov, S., Kalinina L., Ignatieva N. (2004) *Dreissena polymorpha* (Bivalvia, Dreissenidae) in the Neva Estuary (eastern Gulf of Finland, Baltic Sea): Is it a biofilter or source for pollution? *Marine Pollution Bulletin*, 49: 196-205.
- Slynn'ko Y.V., Korneva L.G., Rivier I.K. Shcherbina K.H., Papchenkov V.G., Orlova M.I and Therriault T.W. 2002. Caspian-Volga-Baltic invasion corridor. In: Leppakoski E., Olenin S. and Gollasch S. (eds). *Alien species in European waters*. Kluwer Publishers, Dordrecht-Boston-London. PP. 339-411.
- Vainola, R. 2003. Repeated trans-Arctic invasions in littoral bivalves: molecular zoogeography of the *Macoma balthica* complex. *Mar. Biol.*, 143:935–946.
- Vanderploeg, H.A., T.F. Nalepa, D.J. Jude, E.L. Mills, K.T. Holeck, J. R. Liebig, I.A. Grigorovich, H. Ojaveer. 2002. Dispersal and emerging ecological impacts of Ponto-Caspian species in the Laurentian Great Lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59: 1209-1228.
- www.millenniumassessment.org.

ГЛАВА 6. СВОДКА ПО КОМПЛЕКСНОМУ И СПЕЦИФИЧЕСКОМУ АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

ВВЕДЕНИЕ

На формирование современного состояния ВЧФЗ прямо и опосредовано влияет более десятка комплексов различных воздействий, связанных с организацией и осуществлением морепользования и урбанизацией отдельных территорий региона (Глава 5). Принимая последнее во внимание, в монографию введена данная глава, состоящая из нескольких разделов-сводок справочно-информационного характера по:

– одному из наиболее значимых в части положительных эффектов аспекту морепользования в Регионе – решению проблемы наводнений и возможным последствиям текущей хозяйственной деятельности на отдельных участках акватории Невской Губы для нежелательных антропогенно-индуцированных, действующих в разрез с защитой Санкт-Петербурга от наводнений, изменений гидрологического режима (раздел 6.1);

– общему территориальному распределению воздействий (на примере атмосферных выбросов и сточных вод) со стороны отдельных хозяйственных объектов и урбанизированных территорий – бенефициаров экосистемных услуг на территориях Региона (раздел 6.2);

– значению судоходства (портовой инфраструктуры) (раздел 6.3);

– специфическому комплексному фактору текущего функционирования и потенциала воздействия на природу – ядерному кластеру, размещенному на южном берегу Финского залива; ряду других хозяйственных структур, участвующих в водопотреблении и водоотведении; физическом преобразовании подводных и береговых ландшафтов (раздел 6.4);

– характеристике ВЧФЗ с точки зрения природоохранной, синергистической деятельности по обращению с отходами (раздел 6.5).

Определенно важную роль с точки зрения сохранения природных ресурсов в части естественного биоразнообразия и разнообразия местообитаний играют административные ограничения, прежде всего связанные с пограничным режимом (рисунок 6.1). Наглядной демонстрацией их значения, несмотря на исходные цели, может служить рисунок 5.15 и комментарии к нему (см. рис. 6.1 и рис. 5.15 и комментарии к нему).

Завершает Главу 6 краткая справка о планировании развития территорий г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области (раздел 6.6).



Рисунок 6.1 – Карта пограничной зоны в Ленинградской области (Памятка о правилах пограничного режима, URL: <https://vbgcity.ru/pamyatka>)

УДК 574.579

6.1. Исследование проблемы защиты Санкт-Петербурга от наводнений в условиях климатических изменений и различных видов антропогенных воздействий

Говорухин В.П.¹⁾, Замышляев* В.И.^{1,2)}

¹⁾ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

²⁾ФГБУ Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: viza51@mail.ru

6.1.1. Виды, причины и последствия наводнений в г. Санкт-Петербург

Наводнения в Санкт-Петербурге относятся к числу крайне опасных явлений природы. Первое наводнение случилось через три месяца после начала строительства города: в ночь на 31 августа 1703 года вода в устье Невы поднялась на 210 см. За весь период наблюдений зафиксировано более 300 подъемов воды более 160 см. В зависимости от основных причин наводнения подразделяются на: природные наводнения, антропогенные наводнения и природно-антропогенные наводнения.

Природные наводнения обусловлены природными факторами, к которым относятся: интенсивное таяние снега и льда; заторы льда на реках; обрушение в реки и другие водоемы больших объемов снега, льда и горных пород при сходе снежных лавин, подвижках ледников, оползнях и землетрясениях; обильные дожди; цунами; ветровые нагоны с акватории озера или моря. Антропогенные наводнения обусловлены разрушениями гидротехнических сооружений, вызванных ошибками при проектировании или эксплуатации, использованием некачественных материалов при строительстве этих сооружений, в результате террористических актов или военных действий.

Природно-антропогенные наводнения обусловлены совместным воздействием природных и антропогенных факторов: застройка пойм рек, уменьшающая их пропускную способность и увеличивающая возможные негативные последствия природных наводнений; урбанизация территорий, связанная с увеличением водонепроницаемых площадей; нерациональное ведение сельского хозяйства, ведущее к снижению фильтрационных свойств почвы.

Для Санкт-Петербурга со дня его образования морские нагонные наводнения были наибольшей опасностью, которые приводили к огромному социально-экономическому ущербу:

- повреждение или уничтожение архитектурных и исторических памятников;
- повреждение или уничтожение объектов культурного и художественного значения, таких, как коллекции музеев города и т.д.;
- создание угрозы для нормального функционирования предприятий города, в т.ч. оборонных, и соответственно угроз для своевременного и качественного исполнения оборонных заказов;
- угрозы затопления жилых зданий и помещений города, и, соответственно, для жизни и здоровья жителей города.

В энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона приведена схема затопляемых территорий Санкт-Петербурга во время самого катастрофического наводнения 7 (19 по новому стилю) ноября 1824 года с уровнем подъема воды 421 см над уровнем моря (рисунки 6.2).

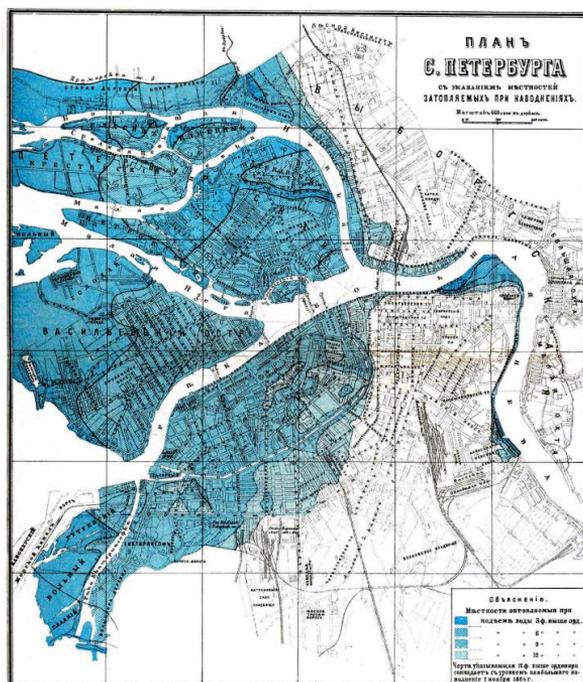


Рисунок 6.2 – Схема затопляемых территорий Санкт-Петербурга в 1824 году

Наводнением в Санкт-Петербурге считается подъем воды выше 160 см над уровнем моря (нулем Кронштадтского футштока). Наводнения в Санкт-Петербурге делятся на:

- опасные – подъем воды над уровнем моря на 161-210 см;
- особо опасные – подъем воды над уровнем моря на 211-299 см;
- катастрофические – подъем воды над уровнем моря на 300 см и более.

Наводнения в Санкт-Петербурге обычно бывают в осенне-зимний период. Подъем уровня воды в Невской губе и в устье Невы, являющийся причинами наводнений в Санкт-Петербурге, обусловлен следующими факторами:

- волнами высотой до 2,5 метра, образующимися в Балтийском море под действием прохода циклона (в области низкого давления в центре циклона повышается уровень морской воды; после прохода циклона уровень морской воды понижается и образуется волна, движущаяся в сторону Невской губы и устья Невы);

- ветровыми нагонными волнами высотой до 1 м, движущимися из акватории Финского залива в Невскую губу и в дельту Невы в период осенне-зимних циклонов с преобладанием западных ветров (с запада на восток);

- стоячими волнами, возникающими в устье Невы под воздействием изменений атмосферного давления и сильного ветра при интерференции волн, отраженных от границ водоемов; возможен подъем воды до 1,5 м;

– значительным количеством речной воды, поступающей в Невскую губу и в дельту Невы в результате течения реки Невы и ее притоков во встречном направлении (с востока на запад);

– небольшими глубинами восточной части Финского залива, Невской губы и дельты Невы.

Приведенные выше факторы при их сложении теоретически могут вызвать подъем воды до 5 м. Максимально зафиксированный уровень – 421 см во время наводнения в Санкт-Петербурге 7 (19) ноября 1824 года.

6.1.2. Наблюдения за наводнениями в Санкт-Петербурге

С 1731 г. наблюдения за уровнем моря производились в Средней гавани Кронштадта с применением футштока. «Футшток (от нем. Fußstock) – рейка с делениями, которая устанавливается на водомерных постах рек, озёр, морей для наблюдения за уровнем воды. Основные морские футштоки служат для определения среднего уровня моря и установления начального уровня для отсчёта высот и глубин. Исходным пунктом нивелирной сети в России, от которого производится отсчёт высотных отметок поверхностей, служит Кронштадтский футшток» (Большая российская энциклопедия).

Кронштадтский футшток установлен по среднему уровню моря у Кронштадта, который составлял 21 фут (6,39 м) от дна канала. В 1777 г. в Кронштадте была создана футшточная служба Балтийского моря, наблюдения стали производиться по футштоку, установленному в Купеческой гавани. В 1800 г. футшток был перенесен к быку моста через Обводный (в настоящее время – Адмиралтейский) канал.

В 1806 г. начались регулярные наблюдения за уровнем моря по футштоку в Кронштадте. Во время наводнения 7 (19) ноября 1824 г. Кронштадтский футшток был снесен, позднее был восстановлен. В 1878 году для наблюдений за изменениями уровня воды в р. Неве был организован водомерный пост у Горного института на Васильевском острове.

В конце 1897 г. на водомерном посту у г. Кронштадта был установлен самописец уровня – начиная с 1898 г. по этому пункту имеются данные по ежечасным уровням воды.

В 1871-1900 гг. в Санкт-Петербургской губернии была создана первая сеть наблюдений за уровнем воды (нивелирная сеть). За исходный (нулевой) горизонт нивелирной сети принимался средний уровень в Кронштадте, вычисленный за период наблюдений различной продолжительности. Имелось 5 определений

положения нуля Финского залива у Кронштадта относительно береговой марки. Ни один из этих нулей не был принятым окончательно, различные ведомства пользовались разными данными, что затрудняло точные научные исследования. За время наблюдений с 1825 по 1913 гг. средний уровень Финского залива изменял свое положение по отношению к нулю Кронштадтского футштока в зависимости от выбранного для вычислений периода и метода обработки материалов.

7 апреля 1946 г. Постановлением № 760 Совета Министров СССР «О введении единой системы геодезических координат и высот на территории СССР» за исходный уровень высот принято Балтийское море – Кронштадтский футшток. На Главное управление геодезии и картографии (ГУГК) было возложено перевычисление в единую систему высот нивелирную сеть, выполненную до 1946 г. (работу предписывалось закончить в 5-ти летний срок). В 1947 году была проведена нивелировка I класса.

В настоящее время Общегосударственной системой высот является система высот 1977 года от Кронштадтского футштока, которая названа Балтийской системой (далее – БС). Она закреплена реперами, имеющими 1 класс точности.

В настоящее время наблюдения за уровнем ведутся на 10 метеостанциях восточной части Финского залива (рисунок 6.3) (Малова, Родионов, 2023; Румянцев, Трапезников, 2015).

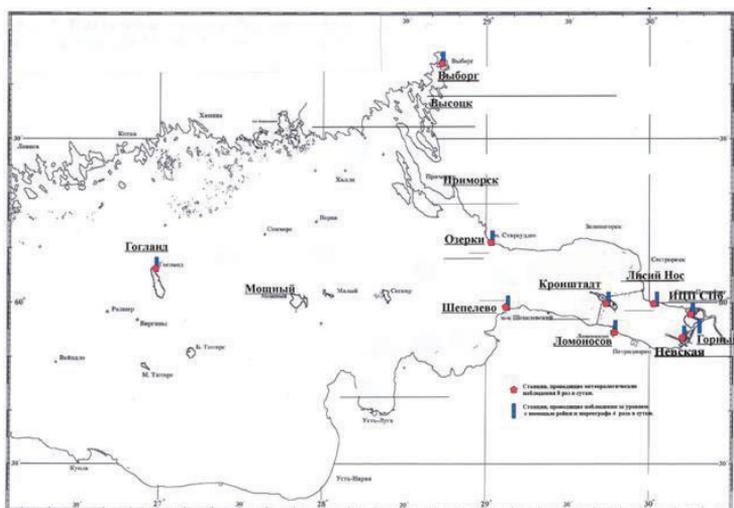


Рисунок 6.3 – Действующая сеть гидрометеорологических наблюдений восточной части Финского залива ГУ «Санкт-Петербургский региональный Центр по гидрометеорологии и мониторингу природной среды»

6.1.3. Перечень наиболее важных наводнений и их общая динамика

За период существования Санкт-Петербурга – Петрограда – Ленинграда катастрофическими были три наводнения – по одному на каждое столетие:

- 21 сентября 1777 года вода в Неве поднялась на 3 метра 21 сантиметр;
 - 7 (19) ноября 1824 года вода в Неве поднялась на 4 метра 21 сантиметр,
 - 23 сентября 1924 года вода в Неве поднялась на 3 метра 80 сантиметров.
- 15 октября 1955 года случилось самое крупное наводнение второй половины XX века – 2 метра 93 сантиметра.

По расчетам института «Ленгидропроект» с вероятностью 1 раз в тысячу лет подъем уровня воды в устье Невы может достигать 4,87 м, а 1 раз в 10 тысяч лет – 5,40 м. В XVIII веке в городе произошло 75 наводнений, в XIX веке произошло 77 наводнений, в XX веке произошло 138 наводнений (в первой половине XX века – 57 наводнений, во второй половине XX века – 81 наводнение) (рисунок 6.4).

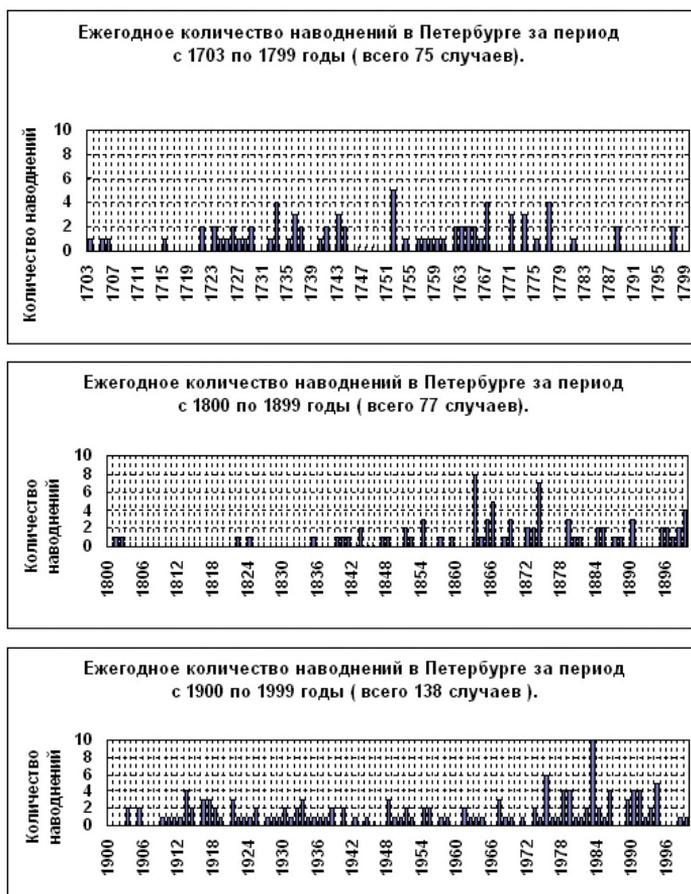


Рисунок 6.4 – Динамика возникновения наводнений в Санкт-Петербурге за период с 1703 по 1999 годы

Наводнения в Петербурге возникают в разное время года, чаще всего в сентябре – декабре (80 %), а наиболее редко – в апреле и июле. Около 60% всех наводнений случаются в вечернее и ночное время.

6.1.4. Защита Санкт-Петербурга от наводнений с применением Комплекса защитных сооружений

После катастрофического наводнения в Санкт-Петербурге 7 (19) ноября 1824 года российский инженер и математик французского происхождения Пётр Петрович (Пьер-Доминик) Базен для защиты города от наводнений предложил построить дамбу поперек Финского залива – от Лисьего носа до острова Котлин и далее до Ораниенбаума. В то время реализация этого замысла была невозможна по техническим причинам.

15 октября 1955 года в Ленинграде произошло особо опасное наводнение – гидрологический пост «Горный институт» зарегистрировал уровень воды 293 см выше ординара. Высокий подъем воды был спрогнозирован: за семь часов до начала наводнения была вычислена высота подъема воды, оповещено население и проведены необходимые мероприятия. После наводнения 1955 года вернулись к подготовке и рассмотрению проектов защиты города от наводнения.

Решение о строительстве Комплекса защитных сооружений Ленинграда от наводнений (КЗС) было опубликовано 19 августа 1979 года. Через 42 года, 12 августа 2011 года КЗС Санкт-Петербурга от наводнений (рисунок 6.5) был сдан в эксплуатацию.

Состав и назначение элементов КЗС, трансформация прилегающих акваторий ВЧФЗ и Невской Губы (эти и другие сведения о комплексе можно найти на сайте ФКП «Дирекция КЗС» dambaspb.ru)

В состав КЗС входят (рисунок 6.5):

- 11 каменно-земляных защитных дамб Д-1 – Д-11;
- 6 водопропускных сооружений В-1 – В-6;
- 2 судопропускных сооружения С-1 и С-2;
- проходящая по гребню защитных дамб от ст. Горская до о. Котлин шестиполосная скоростная автомагистраль с 2 транспортными развязками и 7 мостами (рисунок 6.6), с автомобильным тоннелем под морским дном от о. Котлин до порта Бронка (рисунок 6.7).



Рисунок 6.5 – Схема и общая характеристика КЗС Санкт-Петербурга от наводнений

При отсутствии угрозы наводнения все водопропускные и судопропускные сооружения постоянно открыты. Общая длина КЗС 25,4 км, в том числе 22,2 км по акватории Невской губы. Суммарная ширина сооружений – 1846 м, что в 1,5 раза больше, чем устье реки Невы, поэтому КЗС не меняет гидрологический режим и обеспечивает свободное перемещение воды и водной биоты.



Рисунок 6.6 – Участок КАД от ст. Горская до о. Котлин по гребню защитных дамб



Рисунок 6.7 – Участок КАД от о. Котлин до порта Бронка в автомобильном тоннеле под морским дном

Защитные дамбы. Основу защитных сооружений составляют 11 защитных дамб, которые имеют форму трапеции. Ядро дамбы – песчаный грунт и моренный суглинок. Боковые откосы укреплены щебнем и скальными породами, что позволяет выдерживать натиск воды и препятствует размыву насыпи. Ширина дамб в акватории достигает 160 м (дамба Д-5), высота насыпей – 6,5 м над уровнем моря. Схема защитной дамбы приведена на рисунке 6.8.



Рисунок 6.8 – Схема защитной дамбы. Характеристики защитной дамбы: - общая длина дамб - 23,4 км; - максимальная высота по гребню дамб - 6,5 м; - минимальная ширина по гребню - 30 м; - ширина в основании - до 160 м (дамба Д-5); - воздействие ветровых волн - до 3,5 м

Основной удар нагонной волны принимается со стороны Финского залива, западная сторона защитной дамбы укреплена гранитными камнями (рисунок 6.9).

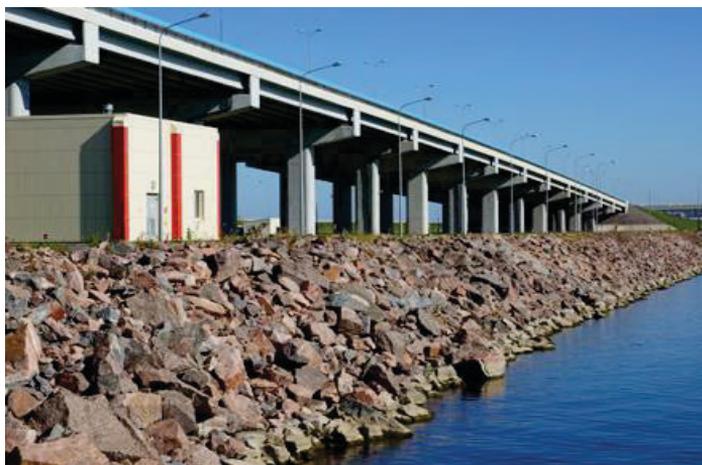


Рисунок 6.9 – Вид защитной дамбы со стороны Финского залива

Водопропускные сооружения (рисунок 6.10) обеспечивают возможность беспрепятственного выхода воды из реки Невы в море и служат важнейшей экологической цели – сохранению свободного водообмена между Невской губой и Финским заливом. В случае угрозы наводнения водопропускные сооружения

становятся частью защитного барьера. Характеристики водопропускных сооружений В-1 – В-6: количество сооружений – 6; глубина на пороге В-1, В-3, В-6 - 2,5 м; глубина на пороге В-2, В-4, В-5 - 5 м; количество водопропускных пролетов/затворов – 64; количество водопропускных пролетов/затворов на В-1 и В-6 - по 12; количество водопропускных пролетов/затворов на В-2 - В-5 - по 10; ширина водопропускного пролета - 24 м; длина затворов - 24 м; высота затворов В-1, В-3, В-6 - 4,5 м; высота затворов В-2, В-4, В-5 - 6,5 м; вес сегментных затворов - 280-305 т; суммарный просвет для пропуска воды В-1-В-6 - 1536 м.

Основные элементы водопропускных сооружений:

- водопропускные секции шириной 24 м;
- сегментные затворы;
- автомобильные мосты, которые проходят по каждому водопропускному сооружению.

В обычной обстановке затворы находятся в поднятом состоянии над водой, и закреплены на подхватах. При поступлении сигнала об угрозе наводнения они опускаются и перекрывают водопропускные секции, преграждая путь опасности. Глубины, на которые опускаются затворы – от 2,5 до 5 метров. Благодаря своему весу и режущему краю, они способны пробивать лед толщиной до 60 см. После предотвращения наводнения затворы поднимаются и устанавливаются на подхваты. Гидрологический обмен между Невской губой и Финским заливом возобновляется.

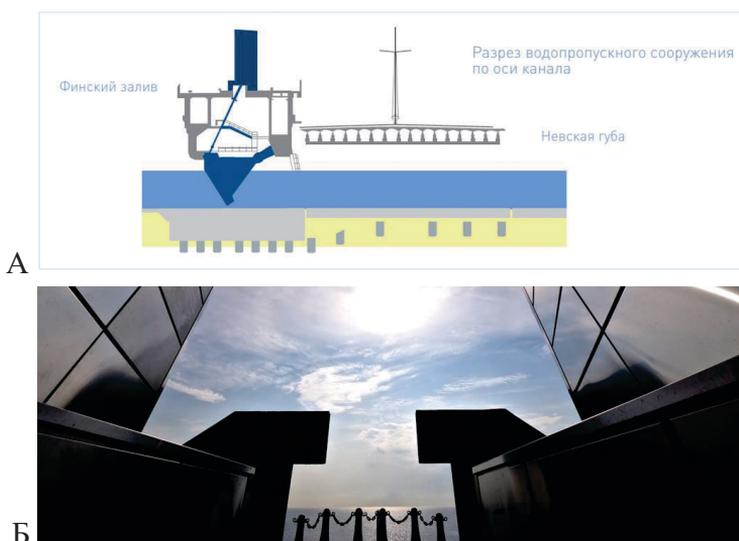


Рисунок 6.10 – Водопропускное сооружение: а) схема; б) внешний вид

Морские каналы. Через защитные сооружения проходят морские каналы, связывающие город и Европу. Морской порт Петербурга ежегодно принимает около 30 000 судов разного класса. В среднем в пик навигации через Морские ворота Петербурга корабли проходят каждые 15-30 минут. Благодаря строительству нового участка Кронштадтского корабельного фарватера и его углублению до 14 метров, в порты Санкт-Петербурга могут заходить самые большие и современные суда. Новый фарватер стал более прямым, что позволило в два раза сократить количество поворотов при маневрировании судов (таблица 6.1). Была оборудована якорная стоянка, которая позволяет судам в безопасных условиях дожидаться своей очереди для прохода через новые Морские ворота в Петербургский порт. В 2017 году подходные каналы были переданы для дальнейшей эксплуатации ФГУП «Росморпорт».

Таблица 6.1 – Основные характеристики морских каналов Санкт-Петербурга

Каналы	Кронштадтский корабельный фарватер	Северный Кронштадтский канал	Западный Кронштадтский фарватер
Длина, км	14,2	16,1	28,4
Ширина, м	150-200	110	600
Глубина, м	14	6,8-7,2	8,7-25,7
Проходная осадка расчетного судна от «нуля» БС, м	-12,4	-5,9	-5,9
Параметры расчетного судна длина / ширина / осадка, м	300/50/12,4	140/16,7/4,5	140/16,7/4,5
Скорость движения расчетного судна, узлов	10-12	до 10	до 12

Судопропускные сооружения С-1 и С-2 служат для прохода судов в порты Санкт-Петербурга. Это сложные гидротехнические и транспортные сооружения, отличаются друг от друга внешним видом, размерами и техническими решениями. Являясь частью судоходных путей, образуют Морские ворота Петербурга. Судопропускные сооружения решают три основные задачи стратегического значения:

- защищают город от наводнений;
- обеспечивают судоходство;
- обеспечивают движение автомобилей по Кольцевой автомобильной дороге (КАД) Санкт-Петербурга.

В таблице 6.2 приведены основные параметры судопропускных сооружений С-1 и С-2.

Таблица 6.2 – Основные параметры судопропускных сооружений С-1 и С-2

Параметр	С-1	С-2
Длина судопропускного пролета, м	273	133,8
Ширина/глубина пролета на пороге, м	200/16	110/7
Организация движения автотранспорта	подводный тоннель	подъемный мост
Расчетное судно: водоизмещение, т / осадка, т	90000 / 12,5	4000 / 5,5
Тип затвора	сегментный-батопорт	плоский подъемно-опускной

Судопропускное сооружение С-1 – ключевой объект КЗС (рисунок 6.11), включает три основных элемента: судопропускной пролет морского канала, плавучий затвор и автомобильный тоннель. Через С-1 в порты Санкт-Петербурга проходят все типы судов водоизмещением до 90 тыс. т.

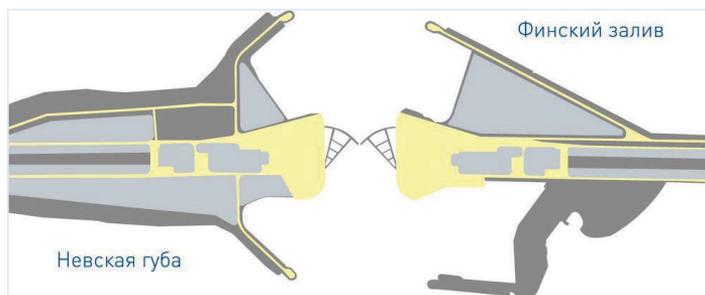


Рисунок 6.11 – Схема судопропускного сооружения С-1

Пропуск судов связан с основной функцией КЗС – защитой от наводнений. Для этого применяется сегментный затвор, который состоит: из находящихся в сухих доковых камерах двух симметрично выполненных плавучих створок – батопортов («батопорт» в переводе с французского означает «судно-дверь»), опорных рам, шаровых опор и приводов батопортов (рисунки 6.12, 6.13).



Рисунок 6.12 – Внешний вид судопропускного сооружения С-1. Сегментные затворы С-1: количество затворов/приводов, шт - 2 / 2; высота/ширина/длина батопорта, м - 22 / 8,3 / 119,6; масса/объем плавучести батопорта - 2938 т / 3914 м³; радиус движения, м – 130; глубина погружения, м – 16



Рисунок 6.13 – Проход судна через судопропускное сооружение С-1

Принцип работы судопропускного сооружения С-1. При получении сигнала о наводнении доковые камеры затапливаются и батопорты всплывают. После выравнивания воды в акватории и в доковых камерах открываются двухстворчатые доковые ворота. Затем приводы выводят батопорты в канал – створки синхронно выдвигаются навстречу друг другу (рисунок 6.14). Время вывода составляет 45 минут. После этого балластные цистерны заполняются водой, происходит посадка батопортов на бетонное основание канала (рисунок 6.15). Защита установлена – барьер высотой 22 м возвышается над водой почти на 6 м.

По окончании угрозы наводнения вода из батопортов сливается, они всплывают и заводятся в доковые камеры. Затем доковые ворота закрываются и створки встают на кильблоки в осушенных камерах. Батопорты впервые были задействованы 28 ноября 2011 года для предотвращения нагонного наводнения в устье реки Невы.

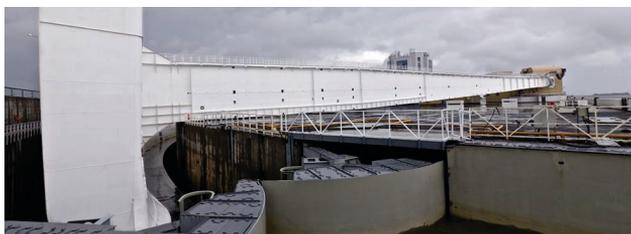


Рисунок 6.14 – Внешний вид судопропускного сооружения С-1 при закрытых батопортах

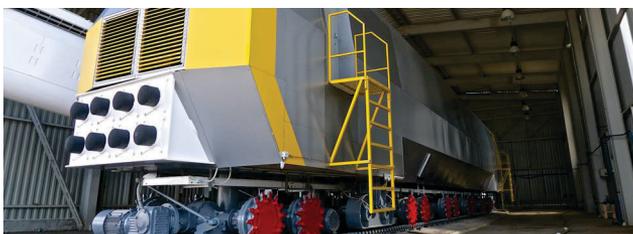


Рисунок 6.15 – Внешний вид привода батопорта судопропускного сооружения С-1. Привод батопорта С-1: усилие привода, тс – 350; мощность электродвигателей, кВт – 420; скорость движения, м/с - 0,1; масса, т - 110,5

Под плитой основания судопропускного сооружения С-1 проходит автомобильный тоннель (рисунок 6.16), входящий в состав КАД Санкт-Петербурга. Автомобильный тоннель не имеет аналогов в России по уровню оснащения инженерными системами безопасности, которых 52, в том числе: системы пожаротушения, дымоудаления, вентиляции, водоотведения, оповещения, связи и многие другие. Благодаря новейшим технологиям и инновациям, тоннель занимает лидирующие позиции среди подобных объектов в мире.

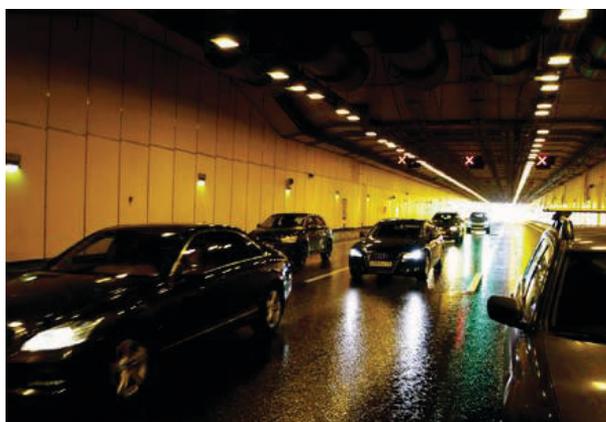


Рисунок 6.16 – Внешний вид автомобильного тоннеля под водопропускным сооружением С-1. Характеристики: - протяженность тоннеля, м – 1961; - подземный/подводный участок, м - 1019 / 200; - въездные/выездные рампы, м - 386 / 356; - количество транспортных отсеков – 2; - нижняя отметка проезжей части, м - -24,3 м; - ширина/высота транспортного отсека, м - 15,25 / 5,5; - ширина/высота проезжей части, м - 13,25 / 4,5

Судопропускное сооружение С-2 (рисунок 6.17) расположено в северной части КЗС и предназначено для пропуска небольших судов типа «река-море». Ширина канала составляет 100 м, его глубина – 7 м. Сооружение снабжено плоским затвором с гидроприводом. В обычном состоянии затвор не препятствует прохождению судов. Он погружен в воду и находится в бетонной камере, расположенной под порогом канала, имеющей нижнюю отметку – 19,5 м. Над С-2 перекинут подъемный мост. Его высота над водой 16 м, в особых случаях мост можно поднять еще на 9 м. Представляет интерес инженерное решение переправы – все подъемное оборудование скрыто в опорах.

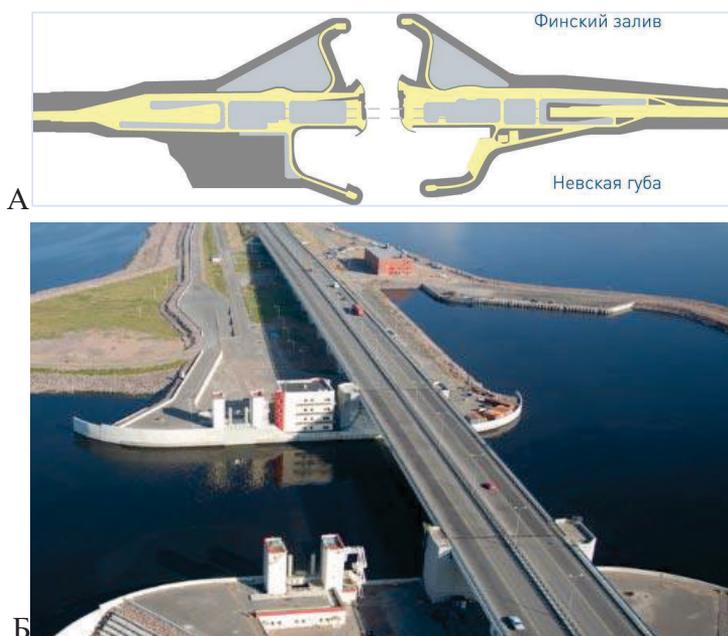


Рисунок 6.17 – Судопропускное сооружение С-2: а) схема; б) внешний вид.

Плоский подъемно - опускной затвор С-2: - Вес, т – 2377; - Длина/ширина/высота, м - 117,3 / 10 / 11,6; - Расположение затвора - камера ниже порога канала

При поступлении сигнала о наводнении проточная часть канала полностью перекрывается затвором, который с помощью гидравлических механизмов выдвигается вверх. Барьер весом 2,37 тысячи тонн перекрывает весь канал и поднимается до 4,4 м над уровнем моря. Под водой остается более 7 метров (из них около 0,2 м – в камере затвора). После отмены угрозы наводнения затвор возвращается в свое стационарное положение.

Морской участок скоростной автодороги проходит по гребню защитных дамб. Три полосы движения в каждом направлении. Разрешенная скорость 110 км/час. Участок рассчитан на пропуск до 35 тыс. автомобилей в сутки.

ВЫВОДЫ

1) За период эксплуатации КЗС было предотвращено значительное количество наводнений в Санкт-Петербурге, в том числе опасных и особо опасных. Только в 2023 году были зафиксированы факторы, которые могли привести к опасным уровням подъёма воды, и в городе были бы зафиксированы наводнения со следующими значениями:

– 10 февраля 2023 года: прогноз уровня на водомерном посту «Горный институт» +184 см БС – это могло бы стать 32-ым нагонным наводнением;

– 4 октября 2023 года: прогноз уровня на водомерном посту «Горный институт» +170 см БС – это могло бы стать 33-им нагонным наводнением;

– 12 октября 2023 года: расчетный уровень +212 см БС – это могло бы стать 34-ым морским нагонным наводнением и 14-ым особо опасным наводнением, предотвращенным КЗС за период его эксплуатации;

– 15 октября 2023 года: расчетный уровень +222 см БС – это могло бы стать 35-ым нагонным наводнением и 15-ым особо опасным наводнением, предотвращенным КЗС за период его эксплуатации.

2) Предполагалось, что завершённое в 2011 году строительство в Невской губе Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений навсегда предотвратило угрозу нагонных наводнений. Однако в последние годы наблюдаются опасные тенденции, свидетельствующие об увеличении высоты подъёма уровня воды, их частоты, повторяемости и продолжительности, что свидетельствует о повышении риска наводнений в городе.

3) Факторы, которые могут служить причиной появления новых опасных тенденций:

– *глобальное потепление климата*, результатом которого стало повышение уровня Мирового океана и, соответственно, уровня вод в Балтийском море – Финском заливе – Невской губе;

– *циклические изменения уровня Ладожского озера*, питающего р. Неву, и, соответственно, величины стока Невы. В настоящее время уровень Ладожского озера находится в стадии повышения, соответственно, увеличиваются уровень и сток Невы;

– *создание намывных территорий в акватории Невской губы*, что приводит не только к уменьшению площади зеркала воды, но и к уменьшению её физического объёма, служащего при закрытии затворов КЗС аккумулярующей ёмкостью для поступающих невских вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Город Выборг. Информационный портал. Памятка о правилах пограничного режима [Электронный ресурс] – URL: <https://vbgcity.ru/pamyatka-o-pravilakh-pogranichnogo-rezhima-na-territorii-leningradskoy-oblasti> (Дата обращения: 10.02.2024).
- Малова Т.И., Родионов А.А., Наводнение Невы как комплексная научная проблема // Труды Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Сборник «ЛЕМА», 2023. С. 56 – 61.
- Румянцев В.А., Трапезников Ю.А. Уровень воды водной системы «Ладога – Нева – Невская губа» в современных природных и антропогенных условиях. – Сборник научных трудов «Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года». – М.: 2015. – С. 464 – 468.
- Сайт Дирекции комплекса защитных сооружений г. Санкт-Петербурга Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс] – URL: <https://dambaspb.ru/#intro> (дата обращения: 24.11.2023).

6.2. Оценка комплексного и специфического антропогенного воздействия на водную и атмосферную среду в Санкт-Петербурге и Ленинградской области

Ильина Н. Н*, Кляус К.М., Пожарская О.Д., Упоров В.М.
 ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН,
 Санкт-Петербург, Россия
 *E-mail: ilyina@spbrc.nw.ru

Практически любая хозяйственная деятельность приводит к воздействию на окружающую среду, которое может вызывать регистрируемые изменения, квалифицируемые как негативные, например, загрязнение окружающей среды.

На рисунке 6.18 приведены основные виды и факторы антропогенного воздействия на окружающую среду.

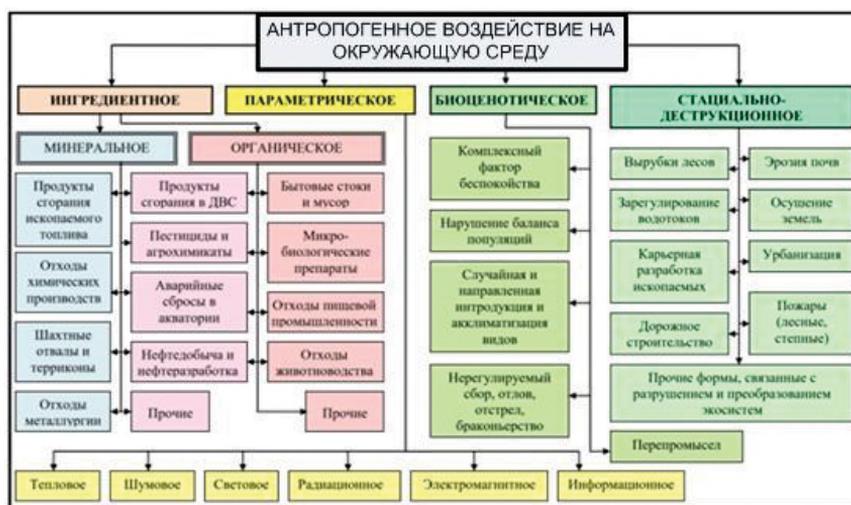


Рисунок 6.18 – Состав комплексного антропогенного воздействия на окружающую среду (Презентация по загрязнению окружающей среды, URL: <https://triptonkosti.ru/>)

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – это процесс всестороннего и комплексного анализа влияния планируемой хозяйственной деятельности, как правило, строительства объекта или его реконструкции, на состояние внешней природной среды (см. также Главу 3).

В ходе данного процесса выявляются факторы, способные принести вред окружающей среде и разрабатываются способы их возможной нейтрализации.

ОВОС – главная составляющая системы экологического регулирования хозяйственной деятельности. В статье 1 Федерального закона от 10.01.2002

№ 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» ОВОС понимается как вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

01.09.2021 г. вступил в действие Приказ Минприроды России от 01.12.2020 № 999 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду», ранее действовавший Приказ Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 № 372 «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации» утратил свою силу.

Основные задачи, решаемые с применением ОВОС:

1) анализ состояния природной территории, на которой будет осуществляться планируемая деятельность;

2) оценка потенциального вреда, который может быть нанесен природной среде;

3) определение возможных способов реализации деятельности с минимальными экологическими последствиями и последствиями для других сфер общественной жизни;

4) осуществление гласности (общественные слушания) разработанного способа деятельности, принятие общественного мнения и его учет при составлении окончательных ОВОС-материалов;

5) выбор оптимального способа осуществления строительства/реконструкции.

Основным принципом, общим для ОВОС и для экологической экспертизы, является презумпция потенциальной экологической опасности любого вида хозяйственной деятельности. Предполагается, что любая хозяйственная деятельность влечет за собой в той или иной степени экологическую опасность. Ее осуществление ведет к последствиям, которые необходимо оценивать, причем инициатор деятельности обязан предоставить веские доказательства экологической безопасности намечаемой им деятельности (в соответствии с действующими экологическими стандартами и нормативами).

Прибрежные территории являются зонами повышенного экологического риска. На берегах ВЧФЗ находится Санкт-Петербург, крупные населённые пункты Ленинградской области – Выборг, Сосновый Бор; нефтяные портовые терминалы в Высоцке, Приморске, Усть-Луге, другие промышленные предприятия и места рекреации. В целях обеспечения экологической

безопасности независимыми уполномоченными предприятиями Санкт-Петербурга и Ленинградской области проводится мониторинг различных параметров окружающей среды, прежде всего на территориях населённых пунктов на участках сосредоточения производственных предприятий.

6.2.1. Общая сводка показателей для территорий, водопользователей и крупных хозяйственных объектов Региона, связанных с акваторией Финского залива

6.2.1.1. Территория г. Санкт-Петербург

Атмосферные выбросы

На территории Санкт-Петербурга находится ряд наиболее крупных предприятий (кластеров), деятельность которых связана с акваторией Финского залива. Таков Большой порт Санкт-Петербурга, имеющий в своем составе: пассажирский терминал, грузовые терминалы в Ломоносове и Бронке. Грузооборот составляет примерно 40 млн. тонн в год. В зависимости от вида деятельности в порту, производятся выбросы загрязняющих веществ в атмосферу: погрузка и разгрузка, хранение грузов, особенно сыпучих приводят к запылению; ремонт судов и оборудования приводит к производственной запыленности; стоянка, бункеровка, швартовка приводят к выбросу отработанных газов.

Ещё одна важная категория хозяйственных объектов – предприятия судостроения. Это АО «Адмиралтейские верфи», АО «Балтийский завод», АО «Кронштадтский морской завод», ПАО «Пролетарский завод», ПАО СЗ «Северная верфь». Предприятия находятся в черте города, располагаясь на берегах городских водоемов, относящихся к бассейну восточной части Финского залива. Для каждого из них выделена санитарно-защитная зона и разработаны проекты предельно допустимых выбросов. Перечень загрязняющих веществ, которые образуются в выбросах судостроительных и судоремонтных предприятиях, представлен на примере АО «Адмиралтейские верфи». Согласно экспертному заключению от 11.03.2016 года №01.05.Т.29532.03.16 ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», выданному АО «Адмиралтейские верфи», по результатам расчета загрязнения атмосферы максимальные приземные концентрации выбрасываемых загрязняющих веществ в заданных расчетных точках не превышают 0,1 ПДК, за исключением: оксида железа (Fe_2O_3) (в пересчете на железо), марганца и его соединений (в пересчете на марганца (IV) оксид), натрия гидроксида, трехвалентных соединений хрома (в

пересчете на Cr^{3+}), азота диоксид (азота (IV) оксид), серы диоксид (ангидрид сернистый), диметилбензола (ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-), метилбензола (толуол), этилбензола, бутан-1-ола (спирт н-бутиловый), пропан-2-ола (изопропиловый спирт), бутилацетата, этилацетата, пропан-2-она (ацетон), (хлорметил)оксирана (эпихлоргидрин), циклогексанона, сольвент нафта, уайт-спирита, взвешенных веществ, пыли неорганической >70 % SiO_2 , пыли стекловолокна, пыли абразивной (корунд белый, монокорунд), пыли древесной и т.д. (Сайт «Электронный эколог», URL: <https://e-ecolog.ru/crc/78.01.05.000.%D0%A2.000610.04.16>).

В среднем за год, от стационарных источников в Санкт-Петербурге, выбрасывается порядка 72 тыс. тонн загрязняющих веществ. По массе выбросов на первом месте Адмиралтейский район, на втором Кировский, на третьем Колпинский, на четвертом Невский и на пятом Приморский. В остальных районах масса выбросов значительно меньше.

Водопотребление, водоотведение, сброс сточных вод в поверхностные водные объекты бассейна Финского залива

Несмотря на то, что Санкт-Петербург занимает территорию в несколько раз меньше Ленинградской области, здесь проживает большое количество людей и сконцентрировано множество предприятия различных отраслей, что делает Санкт-Петербург региональным лидером по водопотреблению и водоотведению, в том числе по объемам сброса сточных вод в поверхностные водные объекты:

– в среднем за год в Санкт-Петербурге общий объем сброса сточных вод составляет 998 млн. м^3 ;

– в среднем за год в Ленинградской области общий объем сброса сточных вод составляет 246 млн. м^3 .

Самыми крупными водопользователями Санкт-Петербурга являются:

– ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» (далее – Водоканал);

– Теплоэлектроцентрали ПАО «ТГК-1».

На долю Водоканала приходится 97% объема хозяйственно-бытовых сточных вод Санкт-Петербурга и 93% поверхностного стока города, среднесуточный объем очищенных сточных вод равен 2,1 млн. куб. м. (Официальный сайт журнала «Окружающая среда», URL: <https://ecopeterburg.ru/2021/12/19>).

Водоканал имеет 62 600 абонентов (предприятия и организации города).

Ниже представлен перечень организаций осуществляющих сбросы сточных вод в различные водные объекты, которые воздействуют на бассейн Финского залива, включая не только сбросы непосредственно в Финский залив,

но и в водотоки на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Информация о предоставлении водных объектов, URL: https://www.nord-west-water.ru/activities/provision_wo/provision_information/37379/).

Сброс сточных вод в Невскую губу осуществляют: ОАО «Балтийский судомеханический завод», ООО «Морской Рыбный порт», ООО «РосЭстПетронал», ОАО «Рудас», СП ЗАО «Петербургский нефтяной терминал», ОАО «Петролеспорт», ФГУП «Кронштадтский морской завод» Минобороны России, ООО «МОБИ ДИК», ЛОАО «Росмясомолторг», ЗАО «Канонерский судоремонтный завод», ОАО «ТГК-1» (ТЭЦ-14 филиала «Невский»), ОАО «Морской порт Санкт-Петербург», ОАО СЗ «Северная верфь», ООО «Отель «ОЛЬГИНО», ОАО «Ленинградский электромеханический завод», ООО ЗАО «Интерферрум-Металл», ООО «Инжиниринговая корпорация «Трансстрой-СПб» (ООО «Инжтрансстрой-СПб»), ЗАО «Четвёртая стивидорная компания», ОАО «Р/К Прогресс», ЗАО «Первый контейнерный терминал», ЗАО «Интерферрум-Металл», ООО «Несте Санкт-Петербург», ЗАО «Контейнерный терминал Санкт-Петербург», ЗАО «НЕВА-МЕТАЛЛ», ФКП «Дирекция КЗС Минрегиона России», ОАО «Прибой», ОАО «Балтийский Балкерный Терминал», ОАО «Р/К "ПРОГРЕСС», ООО «Феникс», АО «ПКТ», ЗАО «ПНТ», ФКУ ДСТО «Санкт-Петербург», ООО «МРП», ЗАО «Киров ТЭК», ООО «Оператор скоростных автомагистралей - Север», ООО «Несте Санкт-Петербург», ФКП «Дирекция Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга Минстроя России» (ФКП «Дирекция КЗС Санкт-Петербурга Минстроя России»), АО «ЭкспоФорум».

В реку Нева: ООО «Гран» г.п. Дубровка, ЗАО «Морозовский энергетический комплекс» пос. им. Морозова, ОАО «Пассажирский порт» Санкт-Петербург, ФГУП «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова», ОАО «Водотеплоснаб» пос. Свердлова, ЗАО «Павловский завод СМ», ОАО «ГОЗ Обуховский завод», ОАО «Леспром СПб», ОАО «МЗ «Арсенал». В реку Малая Нева – ОАО «Ремонтно-эксплуатационная база флота» Санкт-Петербург.

В реку Большая Нева: ОАО «Балтийский завод» Санкт-Петербург, ООО «Санлит-Т», ФГУП «РНЦ «Прикладная химия», ОАО «Спортивный комплекс «Петровский», ОАО «Севкабель».

В реку Ижора: ОАО «Санкт-Петербургский картонно-полиграфический комбинат» г. Павловск, МУП «ПЖЭТ», МУП «Водоканал» г. Гатчина, ОАО «Бумажная фабрика «Коммунар».

В реку Большая Ижорка: ОАО «Победа ЛСР» г. Отрадное.

В реку Попова Ижорка: ФГУП «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова».

В реку Тосна: ОАО «Ленинградский речной порт» г. Отрадное, ОАО «Невский завод «Электроштит» г. Отрадное.

В реку Охта: ОАО «Водотеплоснаб» пос. Агалатово, ФГУП «НПП «Краснознаменец».

В реку Мурзинка: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

В реку Черная: ОАО «Водотеплоснаб» КОС пос.Щеглово, ОАО «Водотеплоснаб» КОС пос.Разметелево, ОАО «Водотеплоснаб» КОС пос. Невский лесопарк, ООО «Балтнефтепровод».

В ручей Безымянный: ОАО «Водотеплоснаб» КОС пос.Романовка, ОАО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург», ОАО «ВТС».

В реку Славянка – ОАО «ПО «Баррикада» завод ЖБИ №1.

В реку Оккервиль – ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

В реку Мойка – ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

В канал Грибоедова – ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

6.2.1.2. Территория г. Выборг

Город Выборг расположен на берегу Выборгского залива Балтийского моря.

Атмосферные выбросы

Основными промышленными предприятиями, осуществляющими выбросы в атмосферный воздух, являются: ООО «Роквул-Север», ООО «Порт Логистик», ОАО «Выборгский судостроительный завод», АО «Выборг Теплоэнерго тепловые сети», «Приборостроитель», ООО «Хелкама Форсте Виипури», ООО «Технониколь-Выборг», ОАО «Завод Пирс», ЗАО «Графо». По расчетам индекса загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА), загрязнение оценивается как низкое.

Перечень веществ и их масса, которые разрешается выбрасывать в атмосферный воздух Морскому порту Выборга, согласно нормативному документу «Разрешению на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух»:

- азота диоксид (не более – 0,064215 т/год);
- азота (II) оксид (не более – 0,010435 т/год);
- углерод (не более – 0,014575 т/год);
- серы диоксид (не более – 0,055828 т/год);
- дигидросульфид (сероводород) (не более – 0,000018 т/год);
- углерода оксид (не более – 0,120349 т/год);
- бенз/а/пирен (3,4-бензпирен) (не более – 2.00E-08 т/год);

– бензин (нефтяной, малосернистый) (не более – 0,001807 т/год);
– керосин (не более – 0,012045 т/год);
– углеводороды предельные C12-C19 (не более – 0,006471 т/год)
(Разрешение на выброс..., URL: https://www.rosmorport.ru/upload/medialibrary/8bf/razreshenie_7311.pdf).

Водопотребление, водоотведение, сброс сточных вод в поверхностные водные объекты бассейна Финского залива

Основными компаниями, которые осуществляют сброс сточных вод в Выборгский залив, являются: ОАО «Выборгский Водоканал», ООО «Порт Выборгский», ОАО «Выборгский судостроительный завод», ОАО «Российские железные дороги», ОАО «Выборгская целлюлоза», ФГУП «РОСТЭК» («РОСТЭК Выборг»), ОАО «Глебычевский керамический завод» (ОАО «ГКЗ»), ООО «Выборгская лесопромышленная компания» (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году»).

6.2.1.3. Территория г. Приморск и Выборгского района Ленинградской области

Город Приморск расположен на берегу северо-восточного побережья пролива Бьеркезунд Финского залива.

Атмосферные выбросы

В городе существует два крупных предприятия, которые в результате своей деятельности выбрасывают загрязняющие вещества в окружающую среду: городская котельная и ООО «Транснефть – Порт Приморск». Суммарный выброс загрязняющих веществ составляет 6 тыс. т/год. На долю порта приходится 5,9 тыс. т/год, что составляет приблизительно 97 % от общего объема. В составе выбросов присутствуют канцерогенные вещества, но уровень риска, который они составляют, оценивается как приемлемый (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году»).

6.2.1.4. Другие территории Выборгского района

Атмосферные выбросы

В границах Выборгского района выделяют производственные площадки, которые являются основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: Угольный терминал Порты Высоцк; Терминал по производству и перегрузке сжиженного природного газа АО «РПК-Высоцк «Лукойл-П»; Терминал по производству и перегрузке сжиженного природного газа ООО «Криогаз-Высоцк». В выбросах присутствуют 69 наименований

загрязняющих веществ, включая канцерогены, но значения суммарного канцерогенного риска остаются приемлемыми. 95 % всего объема выбросов приходится на деятельность Терминала АО «РПКВысоцк «Лукойл-П» (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году).

Водопотребление, водоотведение, сброс сточных вод в поверхностные водные объекты бассейна Финского залива

Основными компаниями, которые осуществляют сброс сточных вод в Выборгский залив, являются: ОАО «РПК-Высоцк «Лукойл-П», ООО «Порт Высоцкий» (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году»).

6.2.1.5. Территория г. Сосновый Бор и Ломоносовского района – ядерный кластер Ленинградской области

В составе ядерного кластера (см. раздел 6.4) находится ряд предприятий реальных секторов экономики, научно-исследовательские учреждения.

Ленинградская атомная электростанция (далее – ЛЕНАЭС) находится на территории города Сосновый Бор, который образует Сосновоборский городской округ, на берегу Копорской губы Финского залива. Деятельность предприятия сопровождается выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Источниками являются: площадка энергоблоков РБМК-1000, ВВЭР-1200, башни испарительных градирен, площадка КПО, на территории СП «Копанское» - фильтровально-отстойные сооружения ФОС-1 и ФОС-2, дизель-генераторные установки и котельные. Фактический суммарный выброс составляет приблизительно 260 т в год. Компонентный состав выбросов включает: твердые вещества – 88 %, углерода оксид (СО) – 4,5 %, азота оксид (NO) – 5%, серы диоксид (SO₂) – 1 %. Специфика предприятия может приводить к выбросам в атмосферный воздух радионуклидов. Мощность дозы в районе расположения ЛАЭС соответствует средним многолетним значениям и не превышает установленных и контрольных уровней выбросов радионуклидов (источник: «Отчет по экологической безопасности», дата обращения 22.04.2023).

Основным водопользователем в округе является СМУП «Водоканал». Годовой объем сточных вод составляет порядка 8,5 млн. м³. Сброс осуществляется в Копорскую губу Финского залива. ЛАЭС, находящаяся в округе, осуществляет забор морской воды для производственных нужд из Копорской губы объемом приблизительно 3,76 млн. м³, безвозвратные потери составляют примерно 13 тыс. м³, 3,71 млн. м³ возвращается в акваторию

Копорской губы. Осуществляет сброс сточных вод с площадок ФОС-1 и комплекса зданий АСКРО в реку Коваши; производственно-ливневые воды с площадок ФОС-2,3 в реку Систа; водоотведение хозяйственно-бытовых и производственно-ливневых вод с площадки СП «Копанское» в реку Пейпия и через семь выпусков с основной площадки в Копорскую губу Финского залива. Устьем рек, в которые осуществляется сброс сточных вод, является также Копорская губа (Отчет по экологической безопасности). По данным Отчета по экологической безопасности Ленинградской атомной станции, концентрация основных вредных химических веществ (взвешенные вещества, азот аммонийный, аммоний-ион, нитрат-анион, сульфаты, железо общее, нефтепродукты) в сточных водах ЛАЭС не превышает нормативно-установленные сбросы. Помимо химического воздействия, ЛАЭС оказывает тепловое воздействие на акваторию Копорской губы. Сброс нагретых вод ЛАЭС осуществляется в восточной части Копорской губы, площадь которой составляет приблизительно 50 км² со средней глубиной 5 м. Повышение средней температуры воды приводит к тому, что такая среда благоприятно сказывается на расселении чужеродных видов. Обнаруженные новые чужеродные теплолюбивые виды существенно перестраивают аборигенную биоту в пользу массового развития пионерных теплоустойчивых и неприхотливых чужеродных видов, происходят вспышки численности нежелательных планктонных и донных организмов, включая регулярное цветение цианобактерий, потенциально способных выделять в процессе своей жизнедеятельности токсины, при массовом отмирании вызывающие нарушения газового режима водоемов (раздел 8.4).

Компонентом загрязнения окружающей среды от работы атомных электростанций является сброс радионуклидов. Радионуклиды попадают в поверхностные воды с дебалансными водами, объем которых от ЛАЭС равен 98 тыс. м³ в год. По данным исследования (Крышев, 2021) анализ данных многолетнего радиоэкологического мониторинга в районе расположения ЛАЭС (1973-2019 г) позволяет сделать вывод о том, что содержание техногенных радионуклидов в компонентах морской экосистемы Копорской губы Финского залива в штатных условиях эксплуатации ЛАЭС не превышает контрольные уровни, приведённые в Рекомендациях Росгидромета Минприроды России.

В округе расположены и другие предприятия атомно-промышленного комплекса, осуществляющие сброс сточных вод в Копорскую губу:

– *Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова* (НИТИ) с комплексом экспериментальных ядерных установок;

– *Ленинградское отделение филиала «Северо-Западный территориальный округ» «Федеральный экологический оператор»*, осуществляющее переработку и хранение радиоактивных отходов.

Несмотря на деятельность ядерного кластера качество вод Копорской губы оценивается как «умеренно загрязненные» (Отчет по экологической безопасности).

6.2.1.6. Территория пос. Усть-Луга и Кингисеппского района Ленинградской области

В Усть-Лужском сельском поселении валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух составляет 65 тыс.т/год. 99% всех выбросов приходится на Морской порт «Усть-Луга». Остальное на: ЗАО «Усть-Лужский Рыбокомбинат»; ОАО «Лесной терминал «Фактор»; ООО «Портэнерго». В составе выбросов 10 веществ обладают канцерогенной опасностью, это: никеля оксид, бенз/а/пирен, формальдегид и др. Значения суммарного канцерогенного риска для населения прогнозируются на приемлемом уровне.

Особую опасность представляет предприятие ООО «ПГ «Фосфорит», находящееся в юго-западной части Ленинградской области, в Кингисеппском районе, в Большелуцком сельском поселении, которое занимается разработкой месторождений фосфоритов (добычей открытым способом), производством фосфорных удобрений и кормовых фосфатов. Добыча, производство и образующиеся отвалы вскрышных пород оказывают воздействие на все компоненты природной среды: протекающие рядом реки, в том числе реку Луга, почву, подземные воды и атмосферный воздух. Основные загрязняющие вещества: серный ангидрид (SO_3) и сернистый (SO_2) ангидрид, фтор, в виде фтороводорода (HF) и фторсодержащих аэрозолей, диоксид азота (NO_2), оксид углерода (CO), тяжелые металлы.

Сброс сточных вод непосредственно в Лужскую губу осуществляют: Порт Усть-Луга, ОАО «Кингисеппский Водоканал», ОАО «Усть-Лужский рыбокомбинат». Главный объект, который сбрасывает сточные воды в Лужскую губу – Морской порт «Усть-Луга», который состоит из нескольких перегрузочных комплексов, терминалов по обслуживанию, угольных

терминалов, одного лесного, рыбного, накатных грузов, автомобильно-железнодорожного комплекса.

Морской порт оказывает комплексное воздействие на состояние окружающей среды. Помимо воздействия на атмосферный воздух, на этапе строительства происходит значительное воздействие на акваторию в связи с дноуглубительными работами, что приводит к потере местообитаний водных организмов. В процессе эксплуатации механическое воздействие снижается, но проявляется постоянное химическое воздействие. Загрязняющие вещества попадают в акваторию в результате ремонтных работ, при очистке корпусов судов, с этой целью используются химические средства, образуются и сбрасываются моечные растворы, подсланевые воды. В самом порту образуются и сбрасываются хозяйственно-бытовые сточные воды. При бункеровке возможно загрязнение нефтепродуктами, при стоянке судов образуются твердые отходы, хозяйственно-бытовые сточные воды.

Согласно решению о предоставлении водного объекта в пользование, морской торговый порт «Усть-Луга» осуществляет сброс сточных вод в Лужскую губу Финского залива через выпуск №1 объемом порядка 377 тыс м³/год. Сточные воды состоят из хозяйственно-бытовых, производственных и поверхностных вод, образующиеся как на самом предприятии, так и в сторонних предприятиях, которых обслуживает порт (Разрешение на сброс..., URL: <https://www.rosmorport.ru/upload/medialibrary/9f0.pdf>).

Сбросы в Лужскую Губу осуществляются и опосредовано, через речной сток. В Лужскую губу впадают несколько рек. В реки Луга и Лужица производится сброс сточных вод: в реку Луга от разных предприятий, в реку Лужица в основном от Порт Усть-Луга. В реку Луга сбрасывают сточные воды и другие предприятия: ФГУП ЦКБ МТ «Рубин», ОАО «Кингисеппский Водоканал», ОАО «Лужский абразивный завод», ОАО «Лужский водоканал», МУП «Кингисеппский автобусный парк» (МУП «КАП»), ООО «ПП «Фосфорит» г. Кингисепп. В реку Нейма, впадающую в реку Хревица, сбрасывает сточные воды КМУП «ВОДОКАНАЛ». В реку Хревица – приток реки Луга сбрасывает сточные воды ООО «ЭкоСервис».

6.2.1.7. Горное производство на территории Ленинградской области

В Ленинградской области много карьеров, в которых происходит добыча песка и щебня. Горное производство воздействует на все компоненты природной среды, включая и атмосферный воздух, и систему водоемов бассейна Финского залива. В процессе добычи и перевозки грузов усиливается запыленность и

загазованность территории. Еще одна из проблем состоит в том, что не все недروпользователи проводят соответствующую рекультивацию отработанных карьеров. Это, по сути, выводит территорию из экономического оборота, при некачественной рекультивации плодородный слой почвы отсутствует, тем самым снижается процесс восстановления растительного покрова, что непосредственно влияет на биоразнообразие. Часть карьеров заполняется водой и таким образом пополняет число искусственных водоемов и местообитаний, роль которых в формировании услуг и издержек экосистем пока не оценена.

6.2.2. Оценка степени загрязненности поверхностных вод Санкт-Петербурга, Невской губы и восточной части Финского залива по гидрохимическим показателям, системы водоотведения, основные меры по оптимизации и перспективы развития системы водоотведения в целях смягчения последствий для водных объектов

6.2.2.1. Оценка степени загрязнённости водных объектов Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Состояние загрязненности поверхностных вод оценено в соответствии с Методическими указаниями «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» (РД 52.24.643-2002) разработанными в Гидрохимическом институте (ГХИ).

Водный бассейн рек и озер бассейна Финского залива занимает практически всю территория Ленинградской области (рисунок 6.19), водосборные бассейны конкретных водных объектов Санкт-Петербурга и Ленинградской области на рисунке 6.20. Схема расположения створов наблюдений за загрязненностью вод рек на территории Санкт-Петербурга приведена на рисунке 6.21.

Во всех створах наблюдений (рисунок 6.21) комплексные показатели загрязненности воды были рассчитаны по 17 характеристикам: растворенный в воде кислород, БПК₅ (биологическое потребление кислорода в воде за 5 суток), ХПК (химическое потребление кислорода в воде, также бихроматная окисляемость), фенол, нефтепродукты, азот аммонийный (N_{NH_4}), азот нитритный (N_{NO_2}), железо общее (Fe), медь (Cu), цинк (Zn), никель (Ni), марганец (Mn), кадмий (Cd), свинец (Pb), хлориды, сульфаты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) (таблица 6.3).

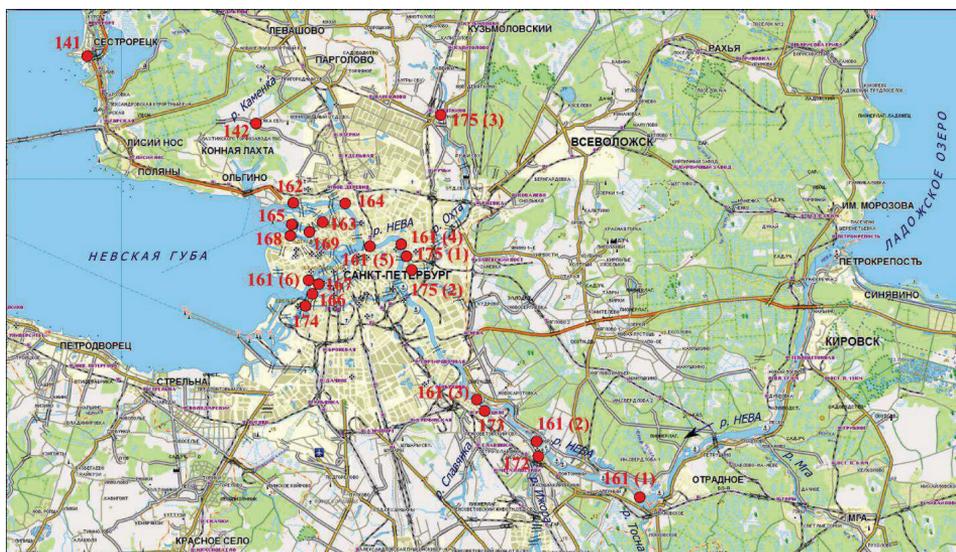


Рисунок 6.21 – Схема расположения створов наблюдений за загрязненностью вод рек на территории Санкт-Петербурга (Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году)

Таблица 6.3 – Характеристика загрязненности воды водотоков Санкт-Петербурга в 2021-2022 гг. (Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году)

Номер пункта (створа)	Водный объект	Характеристика загрязненности воды	
		2021 г.	2022 г.
141	пр. б/н № 840	грязная	очень загрязненная
142	р. Каменка	грязная	грязная
161 (1)	р. Нева	загрязненная	загрязненная
161 (2)	р. Нева	загрязненная	загрязненная
161 (3)	р. Нева	загрязненная	загрязненная
161 (4)	р. Нева	очень загрязненная	загрязненная
161 (5)	р. Нева	загрязненная	слабо загрязненная
161 (6)	р. Нева	загрязненная	загрязненная
162	Большая Невка	загрязненная	слабо загрязненная
163	р. Карповка	слабо загрязненная	загрязненная
164	р. Черная Речка	слабо загрязненная	загрязненная
165	р. Малая Невка	слабо загрязненная	слабо загрязненная
166	р. Фонтанка	слабо загрязненная	слабо загрязненная
167	р. Мойка	слабо загрязненная	загрязненная
168	р. Малая Нева	загрязненная	слабо загрязненная
169	р. Ждановка	слабо загрязненная	загрязненная
170	р. Мга	загрязненная	очень загрязненная
172	р. Ижора	грязная	грязная
173	р. Славянка	загрязненная	очень загрязненная

Продолжение таблицы 6.3

174	Обводный канал	загрязненная	загрязненная
175 (1)	р. Охта	грязная	грязная
175 (2)	р. Охта	грязная	грязная
175 (3)	р. Охта	очень грязная	очень грязная

По результатам исследований качества вод Невы и ее притоков можно сделать заключение, что в черте Санкт-Петербурга воды Невы характеризуются высокой и комплексной загрязненностью, средние значения коэффициента комплексности загрязненности воды (Ккомпл. воды) изменялись в пределах 20,5 – 31,3 %.

В черте Санкт-Петербурга вода водотоков дельты Невы также обладала высокой комплексностью загрязненности, средние значения коэффициента комплексности загрязненности воды (Ккомпл.) изменялись в пределах 16,2 – 23,5 %.

Среднегодовые значения основных загрязняющих показателей в створах Невы в 2022 г. представлены на рисунке 6.22.

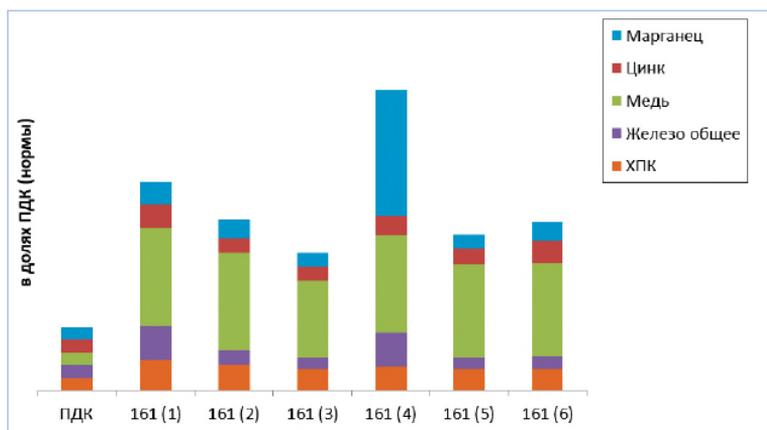


Рисунок 6.22 – Среднегодовые значения основных загрязняющих показателей в створах Невы в 2022 г. (Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году)

В таблице 6.4 приведены усредненные данные по поступлению биогенных элементов в Невскую губу со стоком реки Большая Нева и ее рукавов в период с 1979 по 2022 гг.

Отмечен положительный эффект проведения с 1999 г. мониторинга поступающих в Невскую губу стоков по трем важным составляющим: фосфора общего, фосфора валового, азота общего. Методы мониторинга требуют доработки, поскольку не позволяют определить долю антропогенного и природного происхождения поступающих веществ, что позволило бы наиболее

точно прогнозировать степень эвтрофикации и эвтрофирофицирования водных экосистем.

Таблица 6.4 – Среднегодовое поступление биогенных элементов в Невскую губу со стоком реки Большая Нева и ее рукавов (усредненные данные) (Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году)

Биогенный элемент	Период Осреднения	Среднее поступление, тонн/год	Минимально-максимальное поступление, тонн/год
Фосфор общий	1979-2022	1 672	788-3 448
Фосфор валовой	1979-2022	3 149	1 339-5 903
Азот общий	1999-2022	55 092	26 490-91 881

В восточной части Финского залива в 2022 г. натурные гидролого-гидрохимическая и гидробиологическая съемки на специальной сети, состоящей из 15 станций, были проведены в следующие периоды: 17-18, 20-21 мая; 22-23, 25-26 июля; 22-23, 26-27 сентября (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году).

Оценка качества вод восточной части Финского залива проводится по четырем районам отдельно: мелководный район, глубоководный район, Копорская губа и Лужская губа.

Качество воды определялось по следующим гидрохимическим показателям: соленость, содержание растворенного кислорода, % насыщения кислородом, водородный показатель рН, щелочность, минеральный фосфор, общий фосфор, ионы аммония, нитраты, нитриты, общий азот.

Загрязненность вод определялась по следующим загрязняющим веществам:

а) тяжелые металлы – свинец, медь, кадмий, марганец, цинк, общий хром, ртуть, железо;

б) органические загрязняющие вещества – нефтяные углеводороды, СПАВ, фенол;

в) пестициды – ДДТ, ДДД, ДДЭ, альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ¹⁾.

Также выполнена оценка качества вод по уровню загрязнения микропластиком.

¹⁾ ДДТ 4,4'-Дихлордифенилтрихлорэтан, ДДД 4,4'-Дихлордифенилдихлорэтан, ДДЭ 4,4'-Дихлордифенилдихлорэтилен, альфа-ГХЦГ 1,2,3,4,5,6-Гексахлорциклогексан альфа-изомер, гамма-ГХЦГ 1,2,3,4,5,6-Гексахлорциклогексан (гамма-изомер)

Качество воды и донных отложений определялось по следующим гидробиологическим показателям: концентрации хлорофилла, качественное и количественное развитие фитопланктона, мезозoopланктона и макрозообентоса. Кроме того, осуществлялось биотестирование воды и грунта с использованием в качестве тест-объекта *Paramecium caudatum* Ehrenberg.

В период проведения гидрохимических съемок в мае, июле и сентябре 2022 г. в восточной части Финского залива случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) и высокого загрязнения (ВЗ) морских вод зафиксировано не было. Концентрации загрязняющих веществ, превышающие допустимые нормы, были зафиксированы для соединений металлов (медь, железо общее, марганец и кадмий) и азота аммонийного (июль). На ряде станций в придонных и срединных слоях водной толщи всех четырех районов были зафиксированы случаи снижения содержания растворенного кислорода ниже нормативного уровня.

6.2.2.2. Река Нева и система водоотведения Санкт-Петербурга, меры по смягчению негативных воздействий на водные объекты

Река Нева – главная водная артерия Санкт-Петербурга, обеспечивающая 70% речного стока в Финский залив и соединяющая Ладожское озеро с Невской губой. Для вод Невы, ее притоков, а также Невской губы характерна загрязненность промышленными и бытовыми стоками, нефтепродуктами (как результат активного судоходства и транспортировки судами для перевозки больших объемов нефти и нефтепродуктов). Хозяйственное использование Невы и ее притоков меняется пропорционально развитию промышленности.

Для снижения негативных техногенных воздействий на водные объекты города, в целях обеспечения стабильного качества очистки сточных вод, Правительство Санкт-Петербурга Постановлением от 11.12.2013г. №989 утвердило Схему водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга на период до 2025 года с учетом перспективы до 2030 года и прогноза до 2040 года.

В разделе «Водные объекты. Поверхностные воды» Генерального плана Санкт-Петербурга сохранению приемлемого экологического состояния Невы, Невской губы и Финского залива, недопущению попадания в них неочищенных стоков посвящены пункты:

–полное прекращение сброса неочищенных сточных вод в реку Неву и ее притоки, Невскую губу и Финский залив;

–обеспечение нормативов предельно допустимых сбросов за счет строительства новых и реконструкции существующих локальных очистных сооружений на предприятиях;

–строительство очистных сооружений поверхностного стока;

–установление береговой полосы на водных объектах общего пользования;

–проведение дноочистных и дноуглубительных работ с удалением и утилизацией донных отложений;

–строительство отвала для сильно загрязненных донных отложений;

–благоустройство территории водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов Санкт-Петербурга;

–завершение формирования городских набережных;

–благоустройство существующих и организация новых пляжей;

–повышение качества воды реки Невы и ее притоков, водотоков и водоемов на территории Санкт-Петербурга;

–улучшение экологического состояния Сестрорецкого разлива и его водосборного бассейна;

–охрана акватории Лахтинского разлива как составной части Юнтоловского заказника рыбохозяйственного значения.

История систем канализации сточных вод Санкт-Петербурга начинается с 1710 года. Профессиональный расчет системы водоотвода города, как целостного объекта, начали проводить в начале XX в. В период Великой Отечественной войны строительство систем канализации было прекращено и возобновилось в послевоенное время. Возведение очистных сооружений началось в 70-е годы XX в., однако до 1978 г. сточные воды Санкт-Петербурга не очищались. Ежесуточный объем сточных вод промышленных предприятий, жилых домов и прочих объектов городской жизнедеятельности, поступавших в Неву и в другие городские водоемы без очистки, составлял около 3,5 миллионов кубометров. Сточная вода в Ленинграде начала очищаться с 1979 года.

В настоящее время система канализации Санкт-Петербурга осуществлена по комбинированной схеме:

–70% всей территории имеет общесплавную канализацию, т.е. общую для хозяйственно-бытовых, промышленных и поверхностных (дождевых, талых) стоков;

–остальная территория – районы новостроек и пригороды имеют отдельную схему канализации (дождевые и талые воды собираются отдельно от прочих стоков).

Система водоотведения разделена на бассейны водоотведения. Бассейны водоотведения разделены на районы водоотведения с территорией, ограниченной водосбором крупных тоннельных коллекторов. Районы водоотведения делятся на участки локальных водосборов уличных канализационных сетей. Стоки каждого бассейна направляются на определенные канализационные очистные сооружения (далее – КОС).

Водоотведение Санкт-Петербурга структурно (см. выше) образует две централизованные системы водоотведения:

–централизованную общесплавную и отдельную хозяйственно-бытовую систему водоотведения;

–централизованную отдельную дождевую систему водоотведения.

В централизованной общесплавной и отдельной хозяйственно-бытовой системе водоотведения выделены три бассейна водоотведения: Северный, Центральный, Южный.

Каждый бассейн водоотведения обеспечивает полный цикл очистки сточных вод и обработки осадка.

Северный бассейн обеспечивает отведение сточных вод с территории правого берега р. Невы, а также стоки г. Всеволожска и г. Сертолово. На территории Северного бассейна преобладает общесплавная система канализации. В состав Северного бассейна также входят локальные бассейны водоотведения Курортного района Санкт-Петербурга: КОС г. Сестрорецка, г. Зеленогорска, пос. Репино, пос. Молодежное.

Центральный бассейн обеспечивает отведение сточных вод с территории левого берега реки Невы. В Центральный бассейн частично поступают стоки с территории Пушкинского района Санкт-Петербурга и, при необходимости, через канализационные насосные станции (далее – КНС) из Северного бассейна. На территории Центрального бассейна преобладает общесплавная система канализации. Территория Василеостровского, Фрунзенского и южной части Московского районов Санкт-Петербурга канализована по отдельной системе с отводом поверхностного стока через прямые выпуски во внутренние водоемы города и реку Неву.

Южный бассейн охватывает южные территории города, а также часть территорий Кировского, Красносельского районов Санкт-Петербурга и пос. Стрельна Петродворцового района. На территории Южного бассейна преобладает отдельная система водоотведения, за исключением районов старой застройки Кировского и Красносельского районов Санкт-Петербурга. Сточные воды с территорий Колпинского, Кронштадтского, части Пушкинского и

Петродворцового районов Санкт-Петербурга через систему напорно-самотечных коллекторов направляются на КНС, расположенные в этих районах.

При централизованной отдельной дождевой системе водоотведения прием дождевых и талых вод с территорий осуществляется в дождевую канализационную сеть, по которой часть поверхностного стока сбрасывается без очистки через дождевые выпуски и дождеприемники. Частично дождевой и талый сток поступает на 8 очистных сооружений поверхностного стока (далее – ОСПС), где перед сбросом в водные объекты проходит очистку и обеззараживается.

По итогам 2023 г. среднесуточный объем очищенных сточных вод составил 2,2 млн.м³ в сутки.

По состоянию на 31.12.2023 г. водоотведение Санкт-Петербурга включает:

- канализационная сеть – 9 582,7 км;
- тоннельные коллекторы – 286,9 км;
- КНС – 252;

– очистные сооружения различной производительности – 21, в том числе для очистки хозяйственно-бытового и общесплавного стока – 12, для очистки поверхностного стока – 9;

- заводы по сжиганию осадка – 3;
- полигоны для складирования осадка – 2;
- стационарные снегоплавильные пункты – 11;
- стационарные инженерно-оборудованные снегоприемные пункты – 7.

Проектная мощность КНС колеблется от 0,3 тыс. м³/сут. до 1000 тыс. м³/сут. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» непрерывно проводит модернизацию и реконструкцию КНС, используя современные погружные насосные агрегаты и комплексные канализационные насосные станции, а также модернизацию прочих вспомогательных механизмов.

Крупнейшими канализационными очистными сооружениями Петербурга являются:

- Центральная станция аэрации (далее – ЦСА);
- Северная станция аэрации (далее – ССА);
- Юго-Западные очистные сооружения (далее – ЮЗОС).

Утилизации осадка сточных вод осуществляется методом сжигания на трех заводах, расположенных на ЦСА, ССА, ЮЗОС. Полученное от сжигания осадков тепло используется на технологические нужды, обогрев зданий и выработку электроэнергии, что позволяет ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» экономить энергоресурсы. Дымовые газы проходят трехступенчатую очистку.

Важным направлением, напрямую связанным с улучшением экологической ситуации в городе и сохранению чистоты ВЧФЗ, стало строительство и эксплуатация стационарных снегоплавильных пунктов. Уникальность этих сооружений в том, что снег в них тает под воздействием тепла сточных вод, затем талые воды вместе с другими сточными водами поступают на канализационные очистные сооружения и проходят полный цикл очистки.

По данным ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в результате реализуемых мер процент очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих в централизованную систему водоотведения, составляет 99,7 %. В статистике не учитывается влияние территорий, не подключённых к Санкт-Петербургской канализационной сети, например, пригородные садоводческие хозяйства, пансионаты, застройка прибрежных зон частными домами, а также аварийные и незаконные сбросы.

На рисунке 6.23 показан в процентах уровень очистки сточных вод в период 2005- 2023 гг. по данным ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

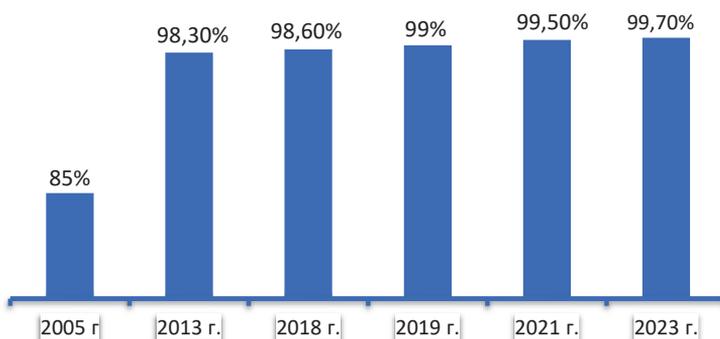


Рисунок 6.23 – Уровни очистки сточных вод Санкт-Петербурга

Перспективы развития очистных сооружений Санкт-Петербурга. По данным официального сайта Администрации Санкт-Петербурга наиболее крупным проектом развития системы канализации является строительство Главного канализационного коллектора на участке от Северной станции аэрации до Кантемировского моста, который должен обеспечить надежной инфраструктурой Санкт-Петербург и прилегающие территории Ленинградской области. Главный канализационный коллектор протяженностью 24,2 км – это основная артерия системы водоотведения, которая обеспечивает жизнедеятельность и экологическую безопасность населения северной части Санкт-Петербурга. По коллектору сточные воды жилых домов, промышленных

предприятий и дождевые стоки шести районов Санкт-Петербурга попадают на очистные сооружения (Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга, URL: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/243358/>).

Предполагается, что проблема со скоплением воды в северных районах во время сильных дождей по завершению строительства коллектора будет решена.

В дополнение к первому участку коллектора от Кантемировского моста до поселка Ольгино планируется введение в эксплуатацию второй дублирующей нитки, что позволит исключить возможные аварийные ситуации. Предполагаемый срок окончания строительства всей ветки – 2028 год.

6.2.2.3. Водоотведение в Ленинградской области, меры по смягчению негативных воздействий на водные объекты

За состояние очистных сооружений Ленинградской области ранее отвечали многочисленные государственные и частные предприятия Ленинградской области. Такая структура показала себя неэффективной, распоряжением Правительства Ленинградской области от 07.09.2020 г. № 646-р «О реорганизации государственных предприятий Ленинградской области в сфере водоснабжения и водоотведения» было предписано «Реорганизовать государственные унитарные предприятия Ленинградской области в форме присоединения к государственному унитарному предприятию «Водоканал Ленинградской области» (ГУП «Леноблводоканал»)». Информация о шести этапах реорганизациях в период с 24.04.2017 г. (первый этап) по 07.09.2020 г. (шестой этап) размещена на сайте ГУП «Водоканал Ленинградской области». В настоящее время ГУП «Леноблводоканал» работает в 12 районах Ленинградской области: Бокситогорском, Выборгском, Кировском, Лодейнопольском, Лужском, Подпорожском, Приозерском, Сланцевском, Тихвинском, а также в ряде поселений Всеволожского, Гатчинского, Кировского районов.

В текущий момент работы по совершенствованию систем очистки водоснабжения и водоотведения, а также очистки водоемов акватории Невы и Волхова по информации официального интернет-портала Администрации Ленинградской области находятся в активной фазе и включены в федеральный проект очистки и оздоровления водоемов. Реализация проекта запланирована на 2025-2030 годы. Проект предполагает расчистку русел рек, озер и их берегов, а также ликвидацию объектов, наносящих экологический ущерб, строительство очистных сооружений в населенных пунктах и модернизацию очистных сооружений промышленных предприятий.

В соответствии с реализуемой в Ленинградской области региональной программой:

- в крупных городах Ленинградской области должны быть построены 12 водоочистных сооружений;

- до конца 2024 года планируется установка 31 модульной станции очистки стоков.

Также планируется реконструкция крупнейших очистных сооружений области: разрабатываются проекты для Выборга, ряда поселков и Кингисеппа.

Современное состояние некоторых очистных сооружений Ленинградской области, обеспечивающих очистку стоков в реку Нева.

Весной 2023 г. ГУП «Леноблводоканал» представил доклад о состоянии 12 очистных сооружений в Кировском, Гатчинском, Тосненском и Всеволожском районах Ленинградской области. Недостаточно очищенные или не прошедшие очистку стоки сбрасываются непосредственно в Неву, состояние объектов очистки неудовлетворительное. (Этот факт подтверждает значимость качественной очистки стоков в Неву, поскольку забор водопроводной воды осуществляется из Невы, из Невы также осуществляет забор ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и Южная водопроводная станция, неочищенные стоки Невской воды через город попадают в Финский залив).

Информация о стоках в Неву из некоторых населенных пунктов:

- в г. Кировск с населением 27 тыс. человек очистные сооружения, рассчитанные на 10 тыс. м³, были построены в 1969 г., находятся в неудовлетворительном состоянии. Необходимая мощность очистных сооружений – 20 тыс. м³, стоимость проекта 2 млрд. руб. Очистные сооружения города – в ведении ГУП «Леноблводокана». Проект реконструкции планируется реализовать из средств федерального проекта «Чистая вода», финансирование возможно с 2025 г.;

- в г. Коммунар Гатчинского района с населением в 26 тыс. человек стоки сбрасываются в Ижору и далее попадают в Неву. Мощность очистных сооружений – 4,8 тыс. м³ в сутки. Оценка износа оборудования – около 96%. Планировалась реконструкция с увеличением мощности до 12,4 тыс. м³ и стоимостью 1,8 млрд. Сроки проектирования и строительства – 2 года. На реализацию проекта в феврале 2023 г. получено одобрение: 1,4 млрд. руб. – кредит из Фонда национального благосостояния, 400 млн. финансирует ГУП «Леноблводоканал»;

- в г. Отрадное Кировского района Ленинградской области с населением в 25 тыс. человек очистные сооружения рассчитаны на 10 тыс. м³ в сутки,

построены в 60-х. годах прошлого века, в проекте – строительство новых очистных сооружений, стоимостью 10 млрд. руб.;

– в г. Никольское Тосненского района с населением в 23 тыс. человек стоки через р. Тосно попадают в Неву. Мощность очистных сооружений 11,7 тыс. м³, их состояние неудовлетворительное, необходимо увеличение мощности до 20 тыс. м³. Проект реконструкции очистных сооружений разработан в 2020 г., стоимость проекта составляла 1,7 млрд. руб., в настоящее время проект необходимо актуализировать;

– поселок Свердлова с населением 13 тыс. человек располагают очистными системами мощностью 10 тыс. м³ ежесуточно, состояние очистных сооружений неудовлетворительное. Стоимость реконструкции 2,5 млрд. руб., срок – до 2032г. Ситуацию может существенно усложнить и Градостроительный план относительно Свердловского городского поселения Всеволожского района Ленобласти – строительство в деревне Новосаратовка практически нового города, с численностью населения 150 тысяч;

– население поселка Дубровка Всеволожского района – 8 тыс. человек. Мощность очистных сооружений – 14 тыс. м³. Изношенность оборудования – до 90%. Реконструкция запланирована до 2031 г., изменение мощности не планируется, предполагаемая стоимость реконструкции – около 3,5 млрд.;

– в поселке Павлово в Кировском районе Ленинградской области с населением 3,3 тысячи человек очистные сооружения построены в 1971 г. Заявленная мощность 700 м³ в сутки. Оборудование устарело, стоимость нового – 350 млн. рублей. Новое оборудование планируется поставить до 2028 г. (по плану семилетней давности);

– в поселке Мга очистные сооружения построены в 60-х годах, производительность 4,5 тыс. м³, износ конструкций оценивается минимум на 70%, реконструкция увеличит мощность до 5 тыс. м³, планируемая стоимость реконструкции – 950 млн. рублей;

– очистные сооружения посёлка Ушаки не подлежат реконструкции, планируется установка модульных очистных сооружений стоимостью 200 млн. руб.;

– в посёлке Лисино-Корпус до 2024 г. также запланирована установка модульных очистных сооружений стоимостью 120 млн. руб.

Расчетная стоимость на реконструкцию и строительство очистных сооружений со стоком в Неву – около 16 млрд. рублей.

6.2.2.4. Формирование системы водоотведения южного побережья ВЧФЗ

Очистные сооружения Кингисеппского района находятся в ведении ГУП «Леноблводоканал». Проектирование и строительство водозаборных сооружений в рамках реконструкции существующего водозабора «Сережино» осуществляется по программе «Водоснабжение и водоотведение Ленинградской области» и субсидировано из областного бюджета. Проектные работы стартовали в 2021 г., строительно-монтажные – в 2022 г., проектная мощность 42 тыс. м³ в сутки.

6.2.3. Оценка степени загрязненности атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге и в Ленинградской области: предприятия тепловой энергетики

6.2.3.1. Нормативная и методическая документация

Предприятия и организации обязаны проводить инвентаризацию принадлежащих им источников атмосферных выбросов на своей территории, если такие имеются (стационарные источники: труба котельной, вентиляционные трубы и т.д.; передвижные источники, если у предприятия есть автомобильный парк, водный транспорт и т.д.). Объем выбросов и компонентный состав отходящих газов являются параметрами, по которым предприятию или организации присваивают категорию негативного воздействия на окружающую среду. Инвентаризацию объектов проводят согласно Приказу Минприроды России от 19.11.2021 № 871 «Об утверждении Порядка проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.11.2021 № 66125 действует до 2028 года).

Методическая документация, которая используется при расчетах выбросов вредных загрязняющих веществ в атмосферный воздух, различается, в зависимости от объекта воздействия. Расчет выбросов при сжигании топлива производится по методике – «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час». Дата актуализации: 01.01.2021. В работе (Кляус, Пожарская, 2022) предложен метод более быстрого

способа расчета. Этот метод позволяет получить расчётный прогноз основных вредных выбросов в случае, если отсутствует достоверная информация о количестве израсходованного топлива. Здесь в качестве исходного параметра используются данные по выработанной электрической или тепловой энергии.

Выбросы от атомной электростанции (далее – АЭС) рассчитываются с помощью методики – «Методика выполнения контроля активности газоаэрозольных выбросов АЭС (типовая) МВК 6.2.20-10» с изменением № 1 приказ ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 10.06.2014 № 9/636-П.

Расчет выбросов от водного транспорта производится в соответствии с документом «Методика определения массы вредных (загрязняющих) веществ, выбрасываемых водным транспортом в атмосферу Санкт-Петербурга».

6.2.3.2. Основные сведения по г. Санкт-Петербург

Значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге вносит автотранспорт. На его долю приходится порядка 65 % от всей массы выбросов, это примерно 132 тыс. тонн в год, а всего от стационарных и передвижных источников выбрасывается 203 тыс. тонн в год. Основные загрязняющие вещества: оксид углерода, оксид азота, летучие органические соединения, углеводороды, диоксид серы, формальдегид, аммиак, озон и взвешенные вещества. Согласно комплексному индексу загрязнения атмосферы, уровень загрязнения в городе в 2023 году считается повышенным.

6.2.3.3. Тепловая энергетика Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Устойчивое экономическое развитие Санкт-Петербурга и Ленинградской области во многом определяется опережающим ростом мощностей в электроэнергетике. Критически важные объекты энергетической инфраструктуры оказывают разнонаправленное воздействие на качество жизни населения и окружающую среду региона. В рамках работ в составе НИР, выполняемой по государственному заданию № 075-01351-23-00 от 29.12.2022 (этап 1), выполнен расчётный прогноз аэротехногенного воздействия объектов теплоэнергетики на экологическую обстановку территории региона, бассейнов водосбора восточной части Финского залива. Количественная оценка вредных выбросов выполнена в соответствии с разработанной ранее в ФГБУН СПбНЦ РАН методикой расчёта, основанной на данных по выработанной электрической и тепловой энергии за период, равный одному году.

Оба субъекта Федерации – Санкт-Петербург и Ленинградская область – являются частью Объединённой энергосистемы Северо-Запада.

В Санкт-Петербурге эксплуатируются 12 теплоэлектроцентралей и 3 электростанции крупных промышленных предприятий, которые обеспечивают ежегодный объём производства электроэнергии около 20 млрд. кВт·ч.

На территории Ленинградской области находятся в эксплуатации 25 электростанций, в том числе одна атомная электростанция, 8 гидроэлектростанций и 16 тепловых электростанций. Годовая выработка электроэнергии в сегменте теплоэнергетики области составляет около 8 млрд.кВт·ч.

Теплоснабжение Санкт-Петербурга и Ленинградской области помимо ТЭЦ обеспечивают около двух тысяч котельных, работающих в пределах отопительного сезона (с сентября по май).

1) Схемы расположения ТЭС и ТЭЦ Санкт-Петербурга и Ленинградской области представлены на рисунках 6.24 и 6.25. Основным видом топлива для объектов энергетики региона является природный газ. Сжигание органического топлива приводит к выбросу в атмосферу многих тысяч тонн загрязняющих веществ и нескольких миллионов тонн парниковых газов. Мониторинг атмосферного воздуха осуществляется в районах области, в которых размещены промышленные объекты, в том числе объекты теплоэнергетики (рисунок 6.26) (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году).

2) Практически вся территория в границах Ленинградской области (за исключением западной части Бокситогорского района) является площадью водосбора Невской губы и восточной части Финского залива (рисунок 6.26) (Схема комплексного использования..., 2015).

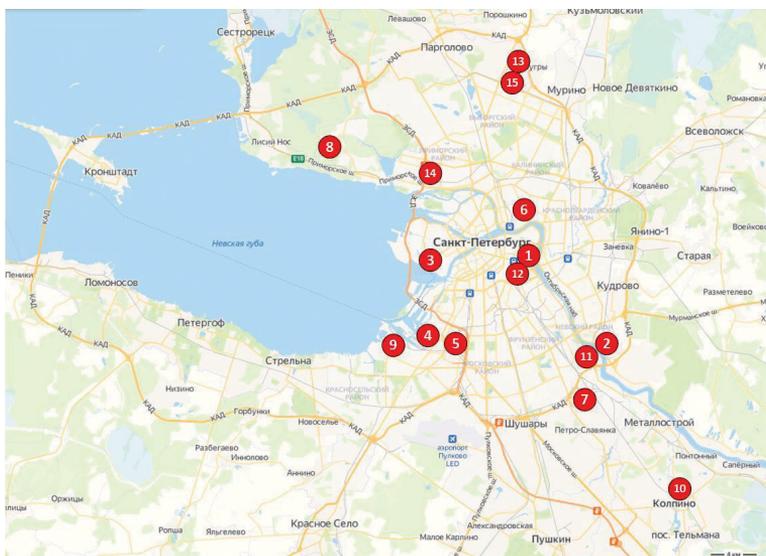


Рисунок 6.24 – Карта-схема расположения ТЭЦ и ЭС Санкт-Петербурга (Яндекс Карты, URL: <https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg/?ll=30.436159%2C59.931745&z=10.83>)

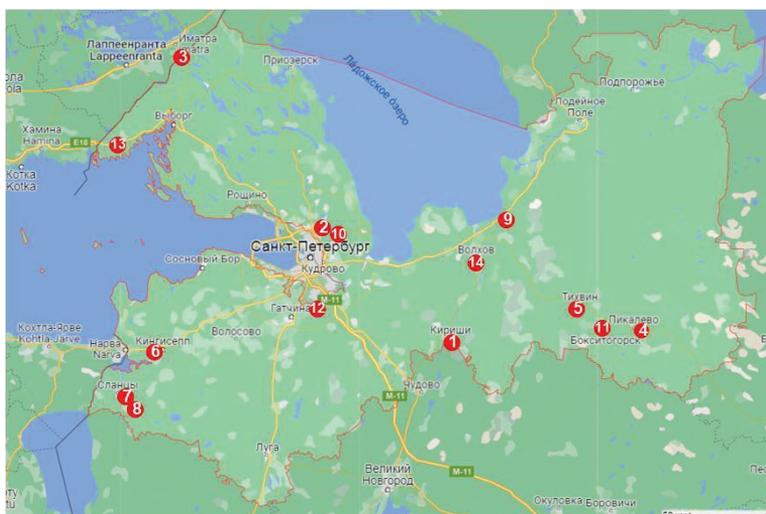


Рисунок 6.25 – Карта-схема расположения ТЭС и ТЭЦ Ленинградской области (Яндекс Карты, URL: <https://yandex.ru/maps/?ll=32.539260%2C59.600705&z=7.15>)

Цифрами на рисунке 6.24 обозначены: 1 – Центральная ТЭЦ; 2 - Правобережная ТЭЦ (ТЭЦ-5); 3 – Василеостровская ТЭЦ (ТЭЦ-7); 4 – Первомайская ТЭЦ (ТЭЦ-14); 5 – Автоовская ТЭЦ (ТЭЦ-15); 6 – Выборгская ТЭЦ (ТЭЦ-17); 7 – Южная ТЭЦ (ТЭЦ-22); 8 – Северо-Западная ТЭЦ; 9 – Юго-Западная ТЭЦ; 10 - ТЭЦ ПГУ ГСР Энерго (Новоколпинская ТЭЦ); 11 - ТЭЦ Генерирующей компании «Обуховоэнерго» (БТЭЦ-1); 12 - ТЭЦ ОАО «НПО

ЦКТИ»; 13 – ГТ ТЭЦ завода «Балтика-Санкт-Петербург»; 14 – ЭС котельной «Приморская»; 15 – ЭС котельной «Парнас-4».

Цифровые обозначения рисунка 6.25: 1 – Киришская ГРЭС; 2 – Северная ТЭЦ (ТЭЦ-21); 3 – ТЭЦ ЗАО «Интерн. Пейпер»; 4 – ТЭЦ ООО «Пикалёвский глинозёмный завод»; 5 – Тихвинская ТЭЦ; 6 – ТЭЦ ООО «ПГ «Фосфорит»; 7 – ТЭЦ ООО «Сланцы»; 8 – ГП-ТЭЦ ООО «Петербургцемент»; 9 – ТЭС-2 ОАО «Сясьский ЦБК»; 10 – Всеволожская ГТ ТЭЦ; 11 – ТЭЦ Бокситогорского глинозёмного завода; 12 – ТЭЦ АО «Кнауф Петроборд»; 13 – ТЭС КСПГ «Портовая»; 14 – Волховская ТЭЦ.

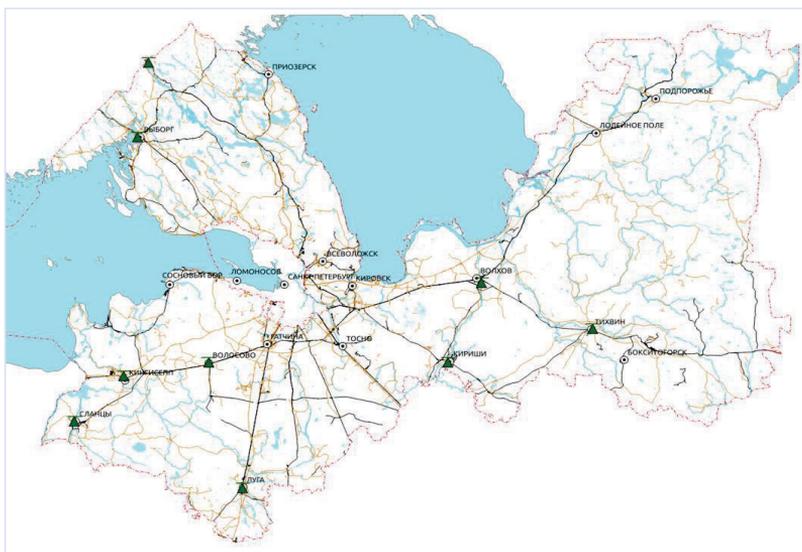


Рисунок 6.26 – Карта расположения постов мониторинга атмосферного воздуха в Ленинградской области (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году)

Методика расчёта загрязнения атмосферы предприятиями электроэнергетики Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Исходными данными для расчётов являются параметры выброса, характеристики источника и метеоусловия для заданной расчётной точки. Важнейшими параметрами выброса, от которых зависит оценка концентраций загрязняющих веществ, являются:

- масса вещества, выбрасываемого в атмосферу (мощность выброса);
- расход газовойоздушной смеси через устье источника (трубы).

Мощность выброса определяется как функция количества израсходованного топлива в абсолютных единицах (тоннах, кубических метрах), поэтому для выполнения таких расчётов требуется информация по видам и количеству использованного топлива. В отличие от традиционного подхода, в

работах (Кляус, Пожарская, 2022; Разработка методики расчёта..., 2022) в качестве исходного параметра предложен расход топлива в энергетическом эквиваленте, соответствующий данным по выработанной электрической и тепловой энергии. Методика предусматривает определение на его основе объёма диоксида углерода и других компонентов продуктов сгорания органического топлива.

К основным загрязняющим веществам принято относить оксиды азота (NO и NO₂), углерода (CO и CO₂) и серы (SO₂ и SO₃), а также угольную или мазутную золу. В случае использования в качестве топлива природного газа, оксиды серы и летучая зола практически отсутствуют. Из продуктов неполного сгорания обычно выделяют оксид углерода (CO).

В соответствии с введёнными в действие Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 30.05.2003 №114 гигиеническими нормативами (ГН 2.1.6.1338-03) регламентируются предельно допустимые концентрации (обычно в мг/м³) загрязняющих веществ вредных выбросов (таблица 6.5). Большинство химических веществ при их одновременном присутствии в атмосферном воздухе обладают суммацией воздействия.

Таблица 6.5 – Предельно допустимые максимальные и среднесуточные концентрации и классы опасности основных вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при сжигании природного газа (ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК))

№	Наименование вещества	Регистрационный номер CAS	Формула	Величина ПДК, мг/м ³		Класс опасности
				масимальная разовая	среднесуточная	
1	Азота диоксид	10102-44-0	NO ₂	0,085	0,040	2
2	Углерода оксид	630-08-0	CO	5,000	3,000	4
1 Примечание – Регистрационные номера соответствуют классификации Chemical Abstracts Service (CAS)						
2 Примечание – Классы опасности (ГОСТ 12.1.007-76): 2 класс – высоко опасные; 4 класс – мало опасные						

Основную долю выбросов продуктов сгорания органического топлива составляют углекислый газ (при сжигании природного газа до 80%, мазута – до 66%) и пары воды (для природного газа до 19% и мазута – до 33%), которые, как правило, не подлежат санитарно-эпидемиологическому нормированию. Тем не менее, углекислый газ является основным парниковым газом, снижение выбросов которого признано необходимым условием устойчивого и сбалансированного развития экономики Российской Федерации. Для различных видов органического топлива существуют устойчивые соотношения между компонентами дымовых газов, которые с определённой степенью точности можно нормировать относительно компонента CO₂. В свою очередь, расчёт выбросов углекислого газа для случая стационарного сжигания топлива на

объектах энергетики может быть выполнен по методикам количественного определения массы выбросов парниковых газов.

Расчёт массы валовых выбросов углекислого газа производится по формуле (Кляус, Пожарская, 2022) (6.1):

$$M_{CO_2} = Q \cdot EF_{CO_2}, \quad (6.1)$$

где:

M_{CO_2} – валовый выброс диоксида углерода, кг;

Q – энергетический эквивалент израсходованного на производство энергии топлива выраженный в энергетических единицах – ТДж (справочная информация о калорийных эквивалентах топлив приведена в «Методологических положениях по расчёту топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой» (Постановление Госкомстата № 46 от 23.06.1999));

EF_{CO_2} – коэффициент пересчёта, выраженный в кг/ТДж для выбросов диоксида углерода (в скобках указан диапазон изменения, рекомендуемый методикой (Кляус, Пожарская, 2022):

$$EF_{CO_2} = \begin{cases} 56\ 100 \text{ (интервал } 54\ 300 - 58\ 300) - \text{ природный газ} \\ 77\ 400 \text{ (интервал } 75\ 500 - 78\ 800) - \text{ топочный мазут} \end{cases} \quad (6.2)$$

Масса выбросов основных загрязняющих веществ представляется как линейная функция валового выброса диоксида углерода.

1. Валовый выброс оксидов азота (NO_x) в пересчете на диоксид азота (NO_2), т/год:

$$M_{NO_2} = M_{CO_2} \cdot w_{NO_2}. \quad (6.3)$$

2. Валовый выброс оксида углерода (CO), т/год:

$$M_{CO} = M_{CO_2} \cdot w_{CO}. \quad (6.4)$$

3. Валовый выброс оксидов серы (SO_x) в пересчете на диоксид серы (SO_2) (определяется только для жидкого топлива), т/год:

$$M_{SO_2} = M_{CO_2} \cdot w_{SO_2}. \quad (6.5)$$

Коэффициенты приведения w_i в формулах (6.3) - (6.5) для природного газа принимают значения:

$$\begin{aligned} w_{NO_2} &= 0,001340 \pm 0,000450; \\ w_{CO} &= 0,005000 \pm 0,000500; \\ w_{SO_2} &= 0,000000. \end{aligned} \quad (6.6)$$

Числовые значения для w_i получены в результате обработки опубликованных данных (Разработка методики расчёта..., 2022; Кляус, Пожарская, 2022; Кляус, Пожарская, 2023). Нормирование компонентов выбросов по отношению к диоксиду углерода сводит расчёт к определению

валового выброса одного компонента по формуле (6.1), остальные компоненты определяются через коэффициенты приведения.

Прогнозирование потенциальной опасности техногенных воздействий на окружающую среду.

В соответствии с методологией экометрического анализа на основании полученных в предыдущем разделе данных можно получить качественные и количественные показатели воздействия вредных выбросов на окружающую среду.

В настоящей работе произведен расчёт обобщённого индекса техногенного воздействия I_o , обобщённого техногенного числа T_o для предприятий энергетической отрасли региона, а также мощности источников техногенного воздействия $M_{и}$. На основе опубликованных данных выполнена оценка динамики изменения параметров I_o и T_o за последние тридцать лет. Рассматривается поликомпонентный поток веществ-загрязнителей. Поскольку органическим топливом для всех объектов энергетики является природный газ, в качестве загрязняющих веществ приняты диоксид азота (NO_2) и оксид углерода (CO).

Расчётный анализ выполнен для каждого источника вредных выбросов с последующим суммированием в соответствии со следующим алгоритмом.

- 1) Рассчитывается техногенная масса (физическая масса веществ-загрязнителей сложного состава) M_o , кг/год (тыс. т/год):

$$M_o = M_{NO_2} + M_{CO}. \quad (6.7)$$

- 2) Рассчитываются весовые коэффициенты индивидуальных загрязняющих веществ p_{NO_2} и p_{CO} как доли в техногенной массе:

$$p_{NO_2} = \frac{M_{NO_2}}{M_o}; \quad p_{CO} = \frac{M_{CO}}{M_o}. \quad (6.8)$$

- 3) Определяется обобщённый индекс техногенного воздействия I_o как сумма произведений индексов техногенного воздействия загрязняющих веществ на их весовые коэффициенты:

$$I_o = p_{NO_2} \cdot I_{NO_2} + p_{CO} \cdot I_{CO}, \quad (6.9)$$

где: I_{NO_2} и I_{CO} – индексы техногенного воздействия загрязняющих веществ (диоксида азота и оксида углерода), характеризующие их относительную опасность в сравнении с условным веществом (единичным или базовым), предельно допустимая среднесуточная концентрация которого принимается за единицу (аналогично известному в токсикометрии индексу относительной токсичности). Значения индексов (численных показателей) определяются по таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Индексы техногенного воздействия загрязняющих веществ

Наименование вещества	Предельно-допустимая среднесуточная концентрация (ПДК _{сс}), мг/м ³	Индекс техногенного воздействия I_i
Диоксид азота NO ₂	0,040 ¹⁾	25,000
Оксид углерода CO	3,000 ¹⁾	0,333
Условное вещество	1,000	1,000
Примечание: ¹⁾ см. табл. 6.5.		

4) Определяется обобщённое техногенное число T_o (количество техногенной эквивалентной массы) для потока веществ сложного состава, равное алгебраической сумме произведений техногенной массы вещества на индекс его техногенного воздействия (техногенных чисел индивидуальных веществ), $M_{\text{тем}}$:

$$T_o = M_{NO_2} \cdot I_{NO_2} + M_{CO} \cdot I_{CO}. \quad (6.10)$$

5) Выполняется расчёт мощности источника техногенного воздействия, параметра, определяемого соотношением количества техногенной эквивалентной массы, генерируемой источником за единицу времени:

$$N_{\text{и}} = \frac{dT_o}{dt}. \quad (6.11)$$

Установленная электрическая и тепловая мощности ТЭЦ и ТЭС, а также прогноз годовой выработки электроэнергии приводится в таблицах 6.7 и 6.8.

Таблица 6.7 – Тепловые электростанции Санкт-Петербурга. Электрическая и тепловая мощности, годовая выработка электроэнергии

Наименование тепловой электростанции		Установленная электрическая мощность	Тепловая мощность	Фактическая выработка электроэнергии	
				МВт	Гкал/ч
1	Центральная ТЭЦ (ЭС-1, ЭС-2)	100,0 + 23,0	654,0 + 756,0	447,9	1 613,0
2	Правобережная ТЭЦ (ТЭЦ-5)	643,0	1 303,0	2 800,0	10 087,0
3	Василеостровская ТЭЦ (ТЭЦ-7)	135,0	1 113,0	620,0	2 234,0
4	Первомайская ТЭЦ (ТЭЦ-14)	360,0	928,0	1 840,0	6 629,0
5	Автовская ТЭЦ (ТЭЦ-15)	279,0	1 778,0	949,9	3 422,0
6	Выборгская ТЭЦ (ТЭЦ-17)	250,5	1 056,0	761,5	2 743,0
7	Южная ТЭЦ (ТЭЦ-22)	1 207,0	2 353,0	3 900,0	14 050,0
8	Северо-Западная ТЭЦ	900,0	700,0	4 870,0	17 545,0
9	Юго-Западная ТЭЦ	460,0	470,0	2 860,0	10 303,0
10	ТЭЦ ПГУ ГСР Энерго (Новоколпинская ТЭЦ)	104,3	626,7	768,3	2 768,0
11	ТЭЦ Генерирующей компании «Обуховоэнерго» (БТЭЦ-1)	24,9	285,0	90,0	324,0
12	ТЭЦ ОАО «НПО ЦКТИ им. Н.И. Ползунова»	18,0	236,9	64,0	231,0
13	ГТ ТЭС завода «Балтика-Санкт-Петербург»	7,1	-	58,7	212,0
14	ЭС котельной «Приморская»	7,0	-	23,1	83,0
15	ЭС котельной «Парнас-4»	14,0	-	23,3	84,0

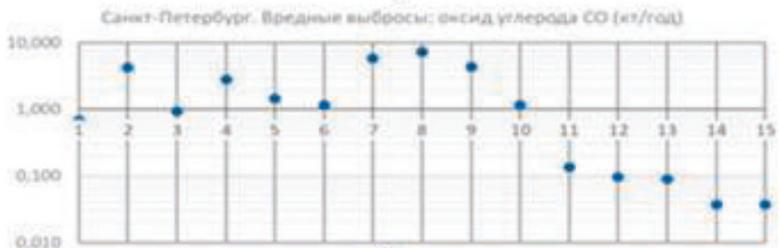
Таблица 6.8 – Тепловые электростанции Ленинградской области. Электрическая и тепловая мощности, годовая выработка электроэнергии

Наименование тепловой электростанции		Установленная электрическая мощность	Тепловая мощность	Фактическая выработка электроэнергии	
				МВт	Гкал/ч
1	Киришская ГРЭС	2 555,0	1 070,0	4 249,0	15 308,0
2	Северная ТЭЦ (ТЭЦ-21)	500,0	1 208,0	1 822,0	6 559,0
3	ТЭЦ ЗАО «Интерн. Пейпер»	93,0	667,9	494,3	1 780,0
4	ТЭЦ ООО «Пикалёвский глинозёмный завод»	78,0	435,0	403,1	1 451,0
5	Тихвинская ТЭЦ	54,9	60,0	260,5	938,0
6	ТЭЦ ООО «ПГ «Фосфорит»	44,0	102,0	243,9	878,0
7	ТЭЦ ООО «Сланцы»	20,0	65,0	136,1	490,0
8	ТЭЦ ООО «Петербургцемент»	25,2	-	117,4	423,0
9	ТЭС-2 ОАО «Сясьский ЦБК»	22,8	184,0	115,5	416,0
10	Всеволожская ГТ ТЭЦ	18,0	40,0	84,6	305,0
11	ТЭЦ Бокситогорского глинозёмного завода	24,0	300,0	81,8	295,0
12	ТЭЦ АО «Кнауф Петроборд»	12,0	260,0	72,6	261,0
13	ТЭС КСПГ «Портовая»	10,5	-	44,1	159,0
14	Волховская ТЭЦ	22,8	184,0	115,5	416,0

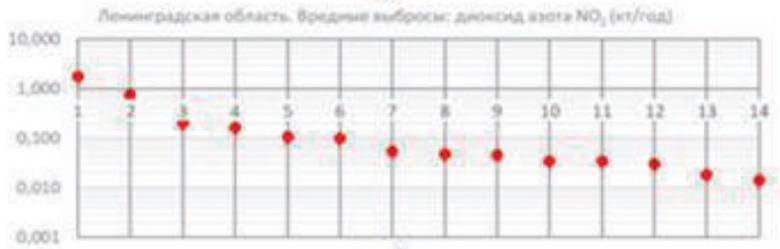
На рисунке 6.27 приводятся результаты расчёта вредных выбросов в поликомпонентном потоке (диоксид азота и оксид углерода) принятыми к исследованию тепловыми электростанциями Санкт-Петербурга и области. Расчётный прогноз техногенной массы загрязняющих веществ (включая диоксид углерода) как физической массы веществ-загрязнителей сложного состава (см. формулу (6.7)), обобщённого индекса техногенного воздействия и обобщённого техногенного числа представлен в таблице 6.9.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 6.27 – Расчётный прогноз годовых выбросов диоксида азота (NO₂) и оксида (CO) углерода объектами теплоэнергетики:
 а), б) – Санкт-Петербург; в), г) – Ленинградская область

Таблица 6.9 – Тепловые электростанции Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Техногенная характеристики

Источник	M_{CO_2} , кт/год	M_{NO_2} , кт/год	M_{CO} , кт/год	M_{O_3} , кт/год	I_0	T_0 , Мтем
Санкт-Петербург ¹⁾						
1	136,500	0,183	0,682	0,865	5,547	4,800
2	849,000	1,138	4,245	5,383	5,547	29,855
3	187,500	0,251	0,938	1,189	5,547	6,593
4	558,000	0,748	2,790	3,538	5,547	19,622
5	288,000	0,386	1,440	1,826	5,547	10,128
6	231,000	0,310	1,155	1,465	5,547	8,123
7	1 182,000	1,584	5,910	7,494	5,547	41,565
8	1 476,000	1,978	7,380	9,358	5,547	51,904
9	867,000	1,162	4,335	5,497	5,547	30,488
10	232,500	0,312	1,162	1,474	5,547	8,176
11	27,000	0,036	0,135	0,171	5,547	0,949
12	19,500	0,026	0,098	0,124	5,547	0,686
13	18,000	0,024	0,090	0,114	5,547	0,633
14	7,500	0,010	0,038	0,048	5,547	0,263
15	7,500	0,010	0,038	0,048	5,547	0,263
Ленинградская область ²⁾						
1	1 288,500	1,727	6,442	8,169	5,547	45,310
2	552,000	0,740	2,760	3,500	5,547	19,411
3	150,000	0,201	0,750	0,951	5,547	5,275
4	121,500	0,162	0,608	0,770	5,547	4,273
5	79,500	0,107	0,397	0,504	5,547	2,796
6	73,500	0,098	0,368	0,466	5,547	2,585
7	40,500	0,054	0,203	0,257	5,547	1,424
8	36,000	0,048	0,180	0,228	5,547	1,266
9	34,500	0,046	0,173	0,219	5,547	1,213
10	25,500	0,034	0,128	0,162	5,547	0,897
11	25,500	0,034	0,128	0,162	5,547	0,897
12	22,500	0,030	0,113	0,143	5,547	0,791
13	13,500	0,018	0,068	0,086	5,547	0,475
14	10,500	0,014	0,053	0,067	5,547	0,369
Санкт-Петербург	6 087,000	8,158	30,436	38,594	5,547	214,048
Ленобласть	2 473,500	3,313	12,371	15,684	5,547	86,982
Регион в целом	8 560,500	11,471	42,807	54,278	5,547	301,030
1 Примечание – Номера источников выбросов загрязняющих веществ приводятся в соответствии с таблицей 6.7.						
2 Примечание – Номера источников выбросов загрязняющих веществ приводятся в соответствии с таблицей 6.8.						

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест.

Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году / Доклад Администрации Ленинградской области. Комитет по природным ресурсам Ленинградской области). – СПб., 2023. – 219 с.

Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году / Под редакцией А.В. Германа, И.А. Серебрицкого – СПб.: 2023. - 226 с.

Информация о предоставлении водных объектов в пользование на основании договоров водопользования и решений о предоставлении водных объектов в пользование по зоне деятельности Невско-Ладожского БВУ по состоянию на 30.04.2020 [Электронный ресурс] – URL: https://www.nord-west-water.ru/activities/provision_wo/provision_information/37379/ (дата обращения: 01.12.2023).

Кляус К.М., Пожарская О.Д. Методика расчёта загрязнения атмосферы на основе данных о производимой электрической и тепловой энергии // Проблемы современной экономики. Евразийский международный научно-аналитический журнал. ISSN 1818-3395 (электронная версия ISSN 1818-3409), 2022, № 4, с. 177-182.

Кляус К.М., Пожарская О.Д. Новый подход к оценке атмосферных выбросов предприятий энергетики / Петербургская академическая наука. Альманах. Вып. 2. Деятельность учреждений науки РАН в 2021–2022 годах: сборник научных статей / под общей ред. академика РАН В.А. Румянцева, д-ра биол. наук М.И. Орловой. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2023. с.204-214. DOI: <https://doi.org/10.48612/spbr/rmp4-d4mx-pfp7>.

Крышев И. И. и др. Оценка радиационной безопасности морской среды в районе расположения Ленинградской АЭС по данным многолетнего мониторинга (1973-2019) // Морской биологический журнал. – 2021. – Т. 6. – №. 1. – С. 41-57.

Методика выполнения контроля активности газоаerosольных выбросов АЭС (типовая) МВК 6.2.20-10» с изменением № 1 приказ ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 10.06.2014 № 9/636-П.

Методика определения массы вредных (загрязняющих) веществ, выбрасываемых водным транспортом в атмосферу Санкт-Петербурга (распоряжение Комитета от 05.06.2012 № 102-р).

Отчет по экологической безопасности Ленинградской атомной станции [Электронный ресурс] – URL: <https://rosatom.ru/upload/iblock/f36/f36cc6bf2715d5b82435f1f60ba35f18.pdf> (дата обращения: 22.09.2023).

Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/243358/> (Дата обращения 14.11.2023).

Постановление Госкомстата «Об утверждении «Методологических положений по расчёту топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой» от 23.06.1999 № 46.

Приказу Минприроды России от 19.11.2021 № 871 «Об утверждении Порядка проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.11.2021 № 66125 действует до 2028 года).

Приказ Минприроды России от 01.12.2020 № 999 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду» [Электронные ресурсы] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573339130> (дата обращения: 01.11.2023).

Разработка методики расчёта вредных веществ в атмосфере при выбросах продуктов сгорания на тепловых электростанциях на основе данных по выработанной электроэнергии / Промежуточный отчёт по НИР 0240-2019-0001, этап 4 (Государственное задание №075-00869-22-00 на 2022 год). – СПбНЦ РАН, 2022, с. 378-405.

Разрешение на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух (за исключением радиоактивных веществ) Выборгско-Высоцкого управления Северо-

Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт» [Электронный ресурс] – URL: https://www.rosmorport.ru/upload/medialibrary/8bf/razreshenie_7311.pdf. (дата обращения: 01.11.2023).

Разрешение на сброс веществ (за исключением радиоактивных веществ) и микроорганизмов в водные объекты морским портом «Усть-луга», URL: <https://www.rosmorport.ru/upload/medialibrary/9f0.pdf> (дата обращения: 01.11.2023).

РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям» (утв. и введен в действие Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 3 декабря 2002 г.

Сайт Электронный эколог «Проект нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу для Акционерного общества «Адмиралтейские верфи» (АО «Адмиралтейские верфи») [Электронный ресурс] – URL: <https://ecolog.ru/crc/78.01.05.000.%D0%A2.000610.04.16> (дата обращения: 20.11.2023).

Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева. / Книга 1. Общая характеристика речного бассейна (утверждена приказом Невско-Ладожского водного управления Федерального агентства водных ресурсов 28.05.2015 № 63). – СПб., 2015. – 150 с.

Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс» (Дата обращения: 10.10.2023).

6.3. Оценка воздействия на окружающую среду со стороны морских портов, расположенных на побережье восточной части Финского залива

**Ильина Н.Н., Нестерчук А.А.*

ГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

**E-mail: ilyina@spbrc.nw.ru*

На побережье Финского залива находятся шесть портов под управлением Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт». Основными задачами филиала являются реализация федеральных инвестиционных программ, а также программ капитальных вложений ФГУП «Росморпорт», предполагающих развитие федеральных объектов портовой инфраструктуры в морских портах Большой порт Санкт-Петербург, Пассажирский порт Санкт-Петербург, Выборг, Высоцк, Приморск и Усть-Луга.

6.3.1. Местонахождение и технические характеристики портов

Большой порт Санкт-Петербург находится в восточной части Финского залива, в Невской губе и устье реки Невы (с координатами – 59°58' с.ш. 29°49' в.д.). Площадь территории порта – 745,9 га. Площадь акватории порта – 616,93 км². Порт располагает 149-ю причалами, с длиной причального фронта морского порта – 21 853,96 м. Максимальные габариты судов, заходящих в морской порт: по осадке – 11 м; по длине – 320 м; по ширине – 42 м. В порту находятся резервуары для хранения: нефтепродуктов – емкостью 341,6 тыс. тонн; химических грузов – емкостью 251,5 тыс. тонн (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

Пассажирский порт Санкт-Петербург находится в Восточной части Финского залива, в Невской губе (с координатами 59°55' с.ш. 30°00' в.д.). Площадь территории морского порта: 33,04 га. Площадь акватории морского порта составляет 3,055 кв. км. Количество причалов: 7 ед. Длина причального фронта морского порта: 2172,06 п.м. Максимальные габариты судов, заходящих в морской порт: по осадке – 8,8 м; по длине – 340 м; по ширине – 42 м. Порт находится в черте Васильевского острова г. Санкт-Петербурга, и проект строительства порта был разработан с учетом дноуглубительных работ в западной части Васильевского острова и проектом планировки намывной территории в западной части Васильевского острова (Официальный сайт ФГУП

«Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

Морской порт Выборг находится в северной части Выборгского залива Балтийского моря (с координатами 60°42' с.ш. 28°44' в.д.). Площадь территории порта – 16,658 га. Площадь акватории порта: 2,87 кв. км. Количество причалов – 9, с длиной причального фронта – 1 122,7 м. Максимальные габариты судов, заходящих в порт: по осадке – 6,5 м; по длине – 135 м; по ширине – 25 м. Площадь крытых складов – 4,9367 тыс. кв. м. Площадь открытых складов – 47,73 тыс. кв. м (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

Морской порт Высоцк находится в Выборгском заливе Балтийского моря, в северной части о. Высоцкий (с координатами 60°37' с.ш. 28°34' в.д.). Площадь территории морского порта составляет 143,6 га. Площадь акватории морского порта: 1,26 кв. км. Количество причалов в порту – 8 ед. Длина причального фронта морского порта: 1 703,6 метров. Максимальные габариты судов, заходящих в морской порт Высоцк: по осадке – 13,2 метров; по длине – 260 метров; по ширине – 45 метров. Площадь открытых складов: 81 тыс. кв. м. Емкость резервуаров для хранения нефтепродуктов – 460 тыс. тонн (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

Морской порт Приморск находится в Выборгском районе Ленинградской области, в проливе Бьеркезунд Финского залива (60°20' с.ш. 28°43' в.д.). Площадь территории морского порта составляет 247,448 га. Площадь акватории морского порта – 31,77 кв. км. Количество причалов – 12 единиц. Длина причального фронта морского порта составляет 3 058,66 п. м. Максимальные габариты судов, заходящих в морской порт: осадка – 15,85 м; длина – 307 м; ширина – 55 м. Порт предназначен для обслуживания танкеров и располагает резервуарами для хранения нефти – емкостью до 921 тыс. тонн и нефтепродуктов – емкостью до 260 тыс. тонн. Порт построен как перевалочный для грузов различного назначения, в т.ч. нефтепродуктов. Строительство инициировано Указом от 06.06.1997г. № 554 «Об обеспечении транзита грузов через прибрежные территории Финского залива», которым было предусмотрено строительство портового комплекса в Приморске в составе единой Балтийской трубопроводной системы (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

Примечание – Балтийская трубопроводная система – система магистральных нефтепроводов, связывающая месторождения нефти Тимано-

Печорского, Западно-Сибирского и Урало-Поволжского районов с морским портом Приморск. Проектная мощность нефтепровода – 74 млн. тонн нефти в год (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

Морской порт Усть-Луга находится в устье реки Луга на южном берегу Финского залива в Кингисеппском районе Ленинградской области (с координатами 59°42'43" с. ш. 28°23'49" в.д.). Площадь территории морского порта составляет 1188,1997 га. Площадь акватории морского порта – 67,56 кв. км. Количество причалов – 41. Длина причального фронта – 8188,38 м. Максимальные габариты судов, заходящих в морской порт: осадка – 15 м, длина – 320 м, ширина – 50 м. Порт располагает открытыми и закрытыми складами 72,52 тыс. кв. м и 1036,03 тыс. кв. м соответственно, а также резервуарами для хранения нефти, нефтепродуктов, пищевых наливных грузов, химических грузов, зерновых грузов. Емкости резервуаров: нефтепродуктов – 1305,7 тыс. тонн, сжиженного углеводородного газа (далее – СУГ) под давлением – 5,2 тыс. тонн, СУГ изотермические – 22 тыс. тонн (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

В октябре 2003 года распоряжением Правительства России от 14.10.2003 № 1491-р морской порт Усть-Луга вошел в перечень морских портов Российской Федерации, в которые разрешается заход (выход) судов и иных плавсредств, транспортирующих ядерные материалы, радиоактивные вещества и изделия, их содержащие в транспортных комплектах. В настоящее время порт Усть-Луга – один из наиболее перспективных развивающихся портов. Данные рисунка 6.28 демонстрируют масштаб расширения территории порта в период 2012-2022 гг. (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

6.3.2. Развитие прибрежно-портовой инфраструктуры

В настоящее время Северо-Западным бассейновым филиалом ФГУП «Росморпорт» реализуются нижеперечисленные инвестиционные проекты (в форме капитальных вложений в объекты прибрежно-портовой инфраструктуры).

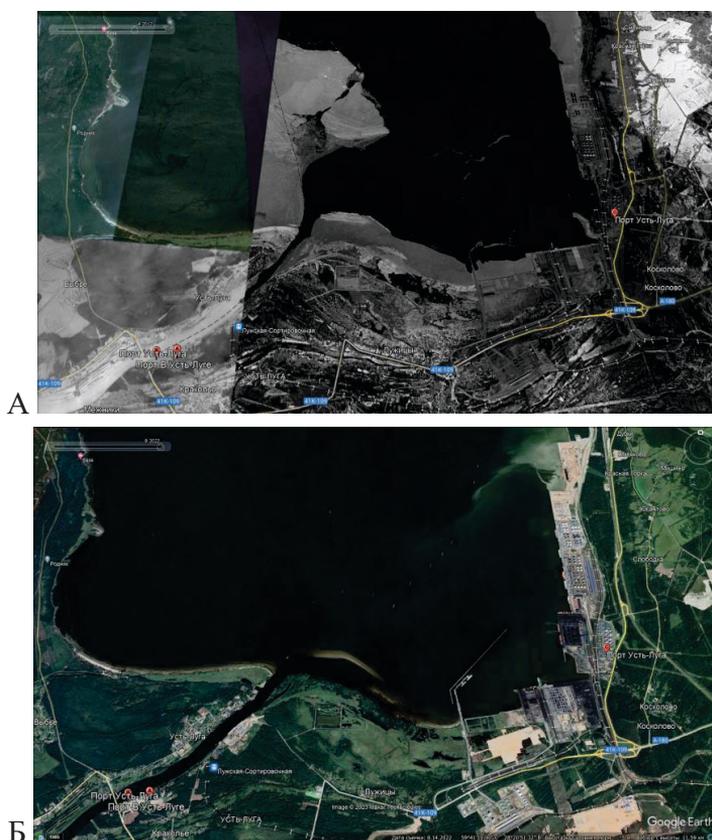


Рисунок 6.28 – Морской порт Усть-Луга. Данные спутниковой съемки а) – 2012 год, б) – 2022 год (Google Earth, URL: <https://www.google.ru/intl/ru/earth/>)

6.3.2.1. Работы в Большом порту Санкт-Петербург

Реконструкция причалов (№№12, 13, 14) с выполнением строительства оторочки причала, реконструкции берегоукрепления Гутуевского ковша и проведения дноуглубительных работ на площади 4,149 га с доведением отметок дна до – 8,5м. Запланированный срок сдачи в эксплуатацию объектов – IV квартал 2022 года. Работы не завершены в связи с банкротством подрядной организации и будут продолжены после проведения конкурентных процедур по выбору новой подрядной организации для завершения строительно-монтажных работ.

Строительство причала № 88, длиной 205 метров, шириной 40 метров, с отметкой дна акватории у причала – 12 метров. Строительство не завершено в связи с расторжением договора с подрядной организацией, срок окончания в настоящее время не определен (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

6.3.2.2. Работы в Морском порту Усть-Луга

1) Строительство базы обеспечивающего флота в морском порту Усть-Луга, предназначенной для стоянки и обслуживания судов портового флота (буксиров, лоцманских судов, нефтесборщиков, бонопостановщиков и пр.), обеспечивающих сбор и обезвреживание отходов с судов, заходящих в морской порт Усть-Луга, а также мониторинга и ликвидации разливов нефтепродуктов. Строительство предполагает два этапа.

На этапе 1 планируется строительство гидротехнических и прилегающих к ним сооружений, среди которых 5 причалов с отметками дна -10 м и общей длиной причального фронта 1 105,8 м., очистных сооружений для очистки дождевых, нефтесодержащих вод, станции биологической очистки и прочих объектов. В 2023 г. проект был продолжен выполнением работ по подготовке и проведению конкурсных процедур по отбору подрядной организации. Сроки завершения в настоящий момент не определены.

На этапе 2 – строительство второй очереди операционной акватории перегрузочных комплексов в северной части акватории морского порта Усть-Луга. Проект предполагает обеспечить безопасность прохода в операционной акватории морского порта судов расчетного типа «СН-70», следующих к причалам по перевалке нефтепродуктов и генеральных грузов с параметрами: длина наибольшая – 236 м, ширина – 32,2 м, дедвейт – 70 тыс. тонн, осадка в грузу – 13,2 м. В проекте – строительство двух участков операционной акватории с отметками дна -16 м и проходного канала с отметкой дна - 16 метров.

С июля 2022г. по сентябрь 2023 г. оформлялась документация по завершенным строительным работам для предъявления государственной комиссии, с целью приемки в эксплуатацию завершеного строительством объекта.

2) В рамках реализации проекта строительства судоходной акватории и средств навигационного оборудования в морском порту Усть-Луга предусматривается строительство судоходной акватории общей площадью дноуглубления 1148,2 тыс. м² с отметками дна – 17,5 м.

Работы проводились с июня 2021 г. В сентябре 2023 г. выполнялись следующие этапы:

– на первом этапе выполнялись дноуглубительные работы на операционных акваториях причалов № 1 и № 2 на площади 455,8 тыс. кв. м с доведением отметок дна до -16,6 м и объемом изъятых донного грунта в размере 199,5 тыс. куб. м;

– на втором этапе выполнялись дноуглубительные работы на операционных акваториях причалов №3 и №4 на площади 267,2 тыс. кв. м с доведением отметок дна до -13,1м и объемом изъятых донного грунта в размере 92,7 тыс. куб. м.

Срок сдачи в эксплуатацию всего комплекса объектов – до 30 июня 2024 года.

3) Строительство операционной акватории причала № 1А в порту Усть-Луга. Проект осуществляется в целях реконструкции подводного гидротехнического сооружения «Акватория» путем увеличения его площади до 386,92 тыс. кв. м, а также углубления дна до отметок 17,2 м, что позволит обеспечить безопасный подход к строящемуся причалу № 1А морского терминала по перевалке и хранению минеральных удобрений судов длиной до 266 м, шириной 40,5 м и осадкой загруженного судна до 15,4 м.

В 2023 г. выполнялись дноуглубительные работы на акватории на площади 38,7 га с доведением отметок дна до - 15 м и объемом изъятых донного грунта в размере 43 тыс. куб. м. Срок окончания работ по договору: 31 декабря 2023 г. Срок сдачи в эксплуатацию объекта: I квартал 2024 г (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Морские порты URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_seaports/).

6.3.3. Сбор, транспортирование и обезвреживание отходов в порту на примере порта Усть-Луга

Усть-Лужское управление Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт» в порту Усть-Луга на основании лицензии, выданной Департаментом Росприроднадзора по Центральному федеральному округу (лицензия от 19.04.2016 № 077 216, действует бессрочно), осуществляет деятельность:

- по сбору и транспортированию отходов I - IV классов опасности;
- обезвреживанию отходов III-IV классов опасности.

Организация располагает аттестованными специалистами, техническим оборудованием и транспортными средствами для приема, временного размещения и утилизации отходов с судов, а также комплексом оборудования и береговых установок, предназначенных для сбора и переработки судовых отходов в соответствии с требованиями по охране окружающей среды. Технические мощности комплекса способны полностью обеспечить потребности морского порта Усть-Луга по экологическому обслуживанию судов, до ввода в

эксплуатацию базы обеспечивающего флота, рассчитанной на полное развитие морского порта Усть-Луга. Принятые с судов нефтесодержащие (шлам, льяльные воды, отработанные масла), кроме балластных и промывочных вод, сточные воды, а также ТБО доставляются на собственную станцию очистки, а далее сдаются специализированным лицензированным организациям для утилизации/размещения.

По итогам года загрязнений акватории и территории морских портов - Большой порт Санкт-Петербург и Усть-Луга - в результате деятельности филиала по сбору отходов с судов в указанных морских портах не зафиксировано (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт» Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/).

Объем работ по очистке сточных вод представлен на рисунке 6.29.

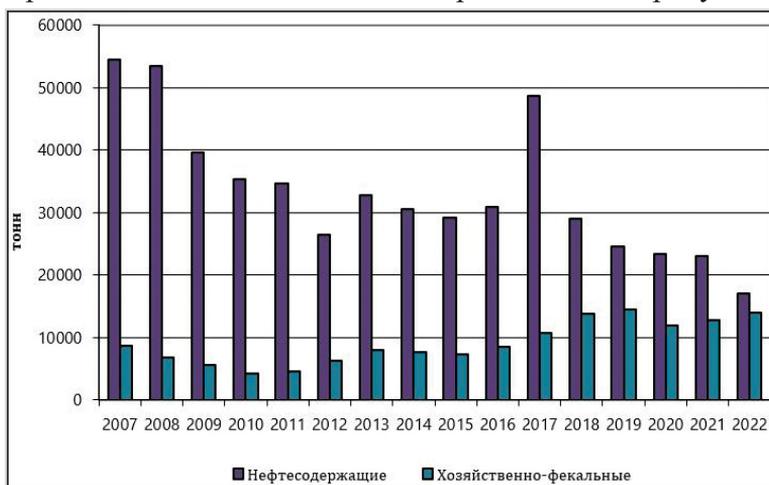


Рисунок 6.29 – Объем хозяйственно-фекальных (сточных) и нефтесодержащих вод, снятых филиалом с судов в морских портах Большой порт Санкт-Петербург и Усть-Луга (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт» Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/)

6.3.4. Регулярные дноуглубительные работы в портах. Экологический контроль и компенсация издержек экосистем при проведении ремонтных дноуглубительных работ

С целью обеспечения безопасности судоходства и поддержания объявленных глубин Северо-Западным бассейновым филиалом в морских портах регулярно осуществляются необходимые дноуглубительные и сопровождающие их работы с извлечённым грунтом, оказывающие локальное воздействие на состояние донных отложений и водной толщи.

Учитывая регулярность таких воздействий, несмотря на их локальный характер, предусмотрены компенсационные мероприятия для нейтрализации издержек и стимулирования повышения рыбопродуктивности.

В Большом порту Санкт-Петербург в 2022 году суммарный объем дноуглубительных работ составил 102,8 тыс. куб. м изъятых донного грунта. В 2023 году Северо-Западным бассейновым филиалом было запланировано выполнить ремонтные дноуглубительные работы на Подходном канале к судопропускному сооружению С-1 на новом участке Кронштадтского Корабельного фарватера и на Санкт-Петербургском морском канале суммарным объемом 30 тыс. куб. м изъятых грунтов. Захоронение данного грунта, извлеченного в Санкт-Петербурге при проведении ремонтных дноуглубительных работ, планировалось осуществлять в подводный морской отвал, расположенный западнее маяка Толбухина в акватории морского порта Большой порт Санкт-Петербург на основании разрешения от 27.01.2017 № 102М, выданного Росприроднадзором (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт». Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/).

Большой порт Санкт-Петербург при проведении ремонтных дноуглубительных работ выполняет производственный экологический контроль. По итогам наблюдений, а также химического анализа проб воды и грунта, превышение ПДК загрязняющих веществ в зоне проведения дноуглубительных работ в 2022 г. не выявлено. Сведениями до 2023 г. на момент подготовки издания авторы не располагают. Для воспроизводства водных биоресурсов в акватории морского порта Большой порт Санкт-Петербург осуществляются компенсационные мероприятия, в частности, Северо-Западным бассейновым филиалом финансируются работы по выращиванию и выпуску рыбы. В 2012-2022 гг. расходы на выращивание и выпуск около 555 тыс. мальков сига, палии, лосося атлантического и кумжи, составили около 57,8 млн. руб.

В 2022 году расходы на воспроизводство и выпуск 4,3 тыс. молоди палии составили 2,9 млн. рублей. В морских портах Выборг и Высоцк в 2022 г. суммарный объем дноуглубительных работ составил 3,4 тыс. куб. м изъятых донного грунта. Работы выполнялись на объекте «Канал Выборг-Высоцк» и на акватории морского порта Высоцк. В 2023 году Северо-Западный бассейновый филиал не планировал осуществлять дноуглубительные работы в акваториях морских портов Выборг и Высоцк. Захоронение данного грунта, извлеченного при проведении ремонтных дноуглубительных работ в 2018 году, производилось в подводный морской отвал в районе о. Грузный, на основании разрешения от 07.03.2018 №129М, выданного Росприроднадзором (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт». Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/). Сведения до 2022 г. на момент подготовки издания авторам не известны.

При проведении ремонтных дноуглубительных работ выполняется производственный экологический контроль. По итогам наблюдений, а также химического анализа проб воды и грунта превышение ПДК загрязняющих веществ в зоне проведения дноуглубительных работ в 2023 году выявлено не было.

В целях воспроизводства водных биоресурсов для осуществления компенсационных мероприятий при производстве ремонтных дноуглубительных работ на акваториях морских портов Выборг и Высоцк предприятием финансируются работы по выращиванию и выпуску рыбы. В 2024 году филиал планирует осуществить воспроизводство и выпуск 6 649 экз. молоди атлантического лосося в целях осуществления компенсационных мероприятий при производстве дноуглубления в морских портах Выборг и Высоцк в 2022 году (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт». Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/?ysclid=lw4y8siger359040038).

В Пассажирском порту Санкт-Петербург в период с 2021 по 2023 год Северо-Западным бассейновым филиалом ремонтные дноуглубительные работы в акватории морского Пассажирского порта Санкт-Петербург не выполнялись.

Экологический контроль и экологический мониторинг водных объектов в районе проведения дноуглубительных работ, а также мониторинг воздействия на биоресурсы с привлечением на договорной основе специализированных профессиональных организаций осуществлялся филиалом при ранее выполненных соответствующих работах.

В целях воспроизводства водных биоресурсов для осуществления компенсационных мероприятий при производстве ремонтных дноуглубительных работ на акватории морского Пассажирского порта Санкт-Петербург предприятием финансируются работы по выращиванию и выпуску рыбы (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт», Экология URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/?ysclid=lw4y8siger359040038).

В 2023 году Северо-Западный бассейновый филиал выполнил ремонтные дноуглубительные работы в морском порту Усть-Луга суммарным объемом 422,7 тыс. куб. м изъятых грунта.

В 2024 году филиал планирует выполнить ремонтные дноуглубительные работы на акваториях:

- подходного канала в устье р. Луга;
- акватория Южного района.

Суммарный объем ремонтных дноуглубительных работ на указанных объектах составит 201,5 тыс. куб. м изъятых грунта.

Изъятый в ходе ремонтных работ грунт, в соответствии с разрешением Департамента Росприроднадзора по Северо-Западному федеральному округу от 28.11.2016 г. № 97-М, сбрасывается в специально отведенные подводные отвалы.

При выполнении соответствующих работ филиалом осуществляется производственный экологический контроль и мониторинг водных объектов, а также мониторинг воздействия на биоресурсы с привлечением на договорной основе специализированных профессиональных организаций. Результаты экологического мониторинга свидетельствуют о том, что воздействие, оказываемое на гидрохимический состав водных объектов при выполнении дноуглубительных работ, является допустимым и в целом не превышает существующих фоновых значений (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт». Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/?ysclid=lw4y8siger359040038).

Итоги и перспективы природоохранной деятельности Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт».

Динамика расходов Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт» на охрану окружающей среды представлена на рисунке 6.30.

В дальнейших планах Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт» – активизация деятельности в природоохранной сфере. Согласно планам филиала в области охраны окружающей среды на ближайшие годы станет выполнение ряда задач:

- разработка программ энерго- и ресурсосбережения с внедрением современных технологий;
- усиление производственного экологического контроля по видам деятельности Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт»;
- совершенствование системы экологического управления Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт»;
- повышение качества предоставления экологических услуг судам в морских портах Большой порт Санкт-Петербург и Усть-Луга по сбору судовых отходов за счет строительства нового сборщика льяльных вод ледового класса с большей вместимостью танков и техническими возможностями по первичной очистке вод (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт» Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/).

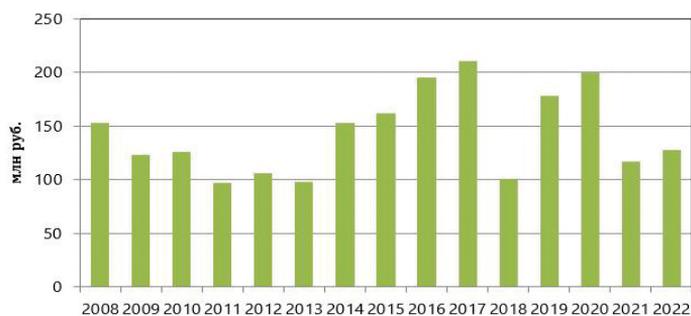


Рисунок 6.30 – Динамика расходов Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт» на охрану окружающей среды (Официальный сайт ФГУП «Росморпорт» Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Официальный сайт ФГУП «Росморпорт» [Электронный ресурс] – URL: <https://www.rosmorport.ru> (дата обращения 18.09.2023).

Официальный сайт ФГУП «Росморпорт» Экология, URL: https://www.rosmorport.ru/filials/spb_ecology/ (дата обращения: 15.12.2023).

6.4. Ядерный кластер южного берега ВЧФЗ: современное состояние, фокус внимания общественности, воздействие на окружающую среду

**Орлова М.И.*

ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

**E-mail: om@spbrc.nw.ru*

6.4.1. Формирование, последствия для природопользования и состояния акваторий ВЧФЗ и современный состав ядерного кластера

6.4.1.1. Общая характеристика территории и объектов

Ядерный кластер южного берега Финского залива – основной водопользователь Ломоносовского района Ленинградской области (см. раздел 6.2), расположенный на побережье Копорской Губы в олигогалинной соленостной зоне, преимущественно на территории города Сосновый Бор. Его формирование проходило в течение 60 лет, в последние несколько десятилетий оно протекает параллельно развитию ещё более масштабного морепользователя – портово-логистического комплекса в соседней Лужской Губе (предыдущий раздел). Развитие этих двух кластеров в экосистеме береговой зоны Финского залива привело к перестройке традиционного уклада жизни коренного населения и постепенной замене основного вида деятельности (рыболовство и рыбопереработка) на таковые, ориентированные на выработку электроэнергии, обращение с ядерными отходами и развитие транспортной инфраструктуры, а также к формированию специфического термического режима Копорской Губы (рисунок 5.13 А) и, как следствие пространственного распределения на акватории залива ряда чужеродных теплолюбивых видов водных беспозвоночных (Рис. 6.31).

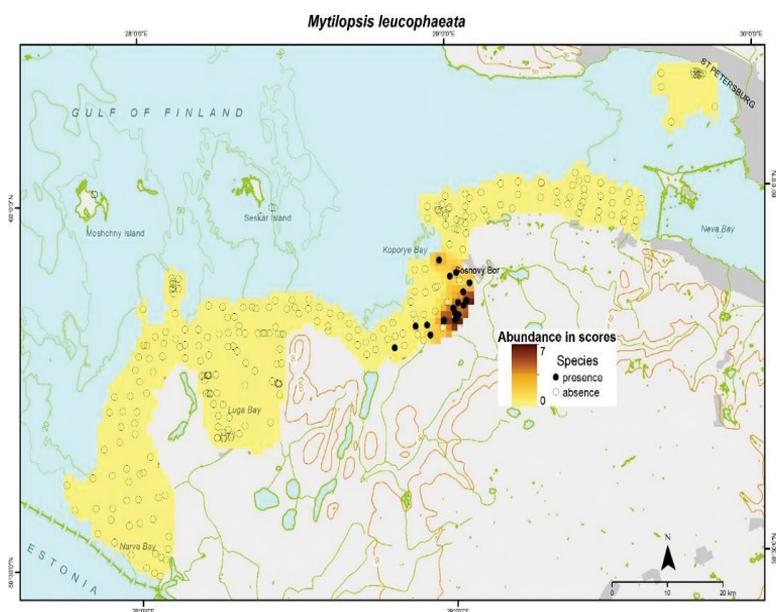


Рисунок 6.31 – Пример локализации массовых поселений теплолюбивых видов обогреваемой Копорской Губе (двустворчатый моллюск-обрастатель центральноамериканского происхождения – *Mytilopsis leucophaeata* имеет локально массовое распространение, возможно, экспансия ограничена температурными пределами развития, размножения и толерантности во взрослом состоянии (интерполяция количественного развития донной популяции 2019-2020 гг.) (Орлова, 2022)

К настоящему времени в уникальном составе кластера три предприятия Госкорпорации Росатом и одна частная компания (Рис. 6.32):

- Крупнейший действующий объект энергетики Российского сектора Балтийского моря – Ленинградская атомная станция (ЛАЭС), имеющая также временное хранилище отработанного топлива (ХОЯТ) и комплекс по переработке радиоактивных отходов (КПО ЛАЭС), другие структуры, обеспечивающие её эксплуатацию;

- Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова (НИТИ) – осуществляющий научную, испытательную деятельность;

- АО Экомет С – крупнейший в Европе и единственный в России завод по переработке металлических радиоактивных отходов (частная компания);

- Федеральный экологический оператор (ФЭО) – филиал в Северо-западном территориальном округе – временное хранилище средне и низко радиоактивных отходов (бывший РосРАО, бывший Ленспецкомбинат «Радон»).



Рисунок 6.32 – Схема ядерного кластера (Бодров О.В., URL: <https://decommission.ru/2021/05/02/>)

6.4.1.2. Современное состояние комплекса Ленинградская АЭС (ЛАЭС)

ЛАЭС – наиболее значимый источник антропогенного воздействия на среду обитания на южном берегу Финского залива, сопоставимый с транспортно-логистическим комплексом в Лужской Губе. В настоящее время ЛАЭС эксплуатируется в режиме генерации энергии 4 энергоблока суммарной электрической мощностью 4400 МВт: по два реактора РБМК-1000 (2×1000 МВт) и новых ВВЭР-1200 (2×1200 МВт).

Два старейших энергоблока РБМК-1000 были окончательно остановлены в 2018 и 2020 годах после 45 лет работы, и их планируют выводить из эксплуатации до 2053 года. Третий и четвертый энергоблоки намечены к окончательной остановке в 2025 и 2026 годах и их планируют вывести из эксплуатации до состояния «коричневой лужайки» к концу 2059 года. Что полностью изменит влияние АЭС на Финский залив в части термификации и воздействия на динамику водных масс.

6.4.1.3 Внимание общественности к району размещения и объектам ядерного кластера

Внимание общественности распространяется на новые энергоблоки ЛАЭС (с реакторами ВВЭР-1200), их строительство и ввод в эксплуатацию,

проведение общественных экспертиз и правомерность проведенной оценки воздействия новых блоков на окружающую среду (ОВОС), соответствие построенных и эксплуатируемых блоков проектным требованиям, а также на все **предприятия по хранению и переработке ядерных отходов.**

Одно из предложений общественности – организация адекватного экологического мониторинга, преемственного ранее (до середины 1980-х годов) проводившемуся региональной экологической лабораторией НИТИ и распространявшегося на оценку теплового и иных видов загрязнения и их последствий, таких как эвтрофикация вод, изменение биоразнообразия, ухудшение состояния нерестилиц и снижение рыбопродуктивности, а также в соответствии с результатами проведенной по заказу администрации Соснового Бора в 1992 году экспертизы состояния водных и береговых природных объектов рабочей группой объединенного научного совета «Экология и природные ресурсы» Санкт-Петербургского научного центра РАН (СПбНЦ РАН) (Отчет и заключение, 1992).

Региональная экологическая лаборатория финансировалась атомной отраслью и полученные результаты не были доступны широкой общественности.

Также интерес общественности касается лидерства территории по онкологическим заболеваниям и пневмониям (см. раздел 9.3 в части описания *Legionella pneumophila*), а также необходимость исследования врожденных патологий и онкологических заболеваний у детей с учетом места работы родителей.

В частности, представителями общественных движений (URL: <https://decommission.ru/author/autor/>) предлагается:

1. Создать межрегиональную экологическую лабораторию (институт) под патронажем правительств Ленинградской области, Санкт Петербурга и под контролем попечительского совета с участием всех заинтересованных сторон для обеспечения комплексного экологического и радиоэкологического мониторинга природных экосистем в районе ядерного кластера и выдачи рекомендаций лицам, принимающим решения о возможных вариантах развития ядерного кластера.

2. Предложить Правительству Ленинградской области инициировать проведение стратегической экологической оценки, внедрение процедур морского пространственного планирования для обеспечения устойчивого развития южного побережья Финского залива с учетом вывода из эксплуатации энергоблоков Ленинградской АЭС и планов дальнейшей индустриализации региона.

3. Для учета интересов региональных сообществ, критериев социальной и экологической безопасности разработать законы Ленинградской области и Санкт-Петербурга о полномочиях региональных, муниципальных властей и заинтересованной общественности при принятии решений по ядерным проектам на берегах Финского залива.

6.4.2. Оценка комплексного воздействия на окружающую среду Ленинградской атомной электростанции

Доля образующихся выбросов и отходов производства и потребления Ленинградской АЭС составляет около 0,03 % от общего объема отходов, образующихся на территории Ленинградской области (рисунок 6.33) (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году).

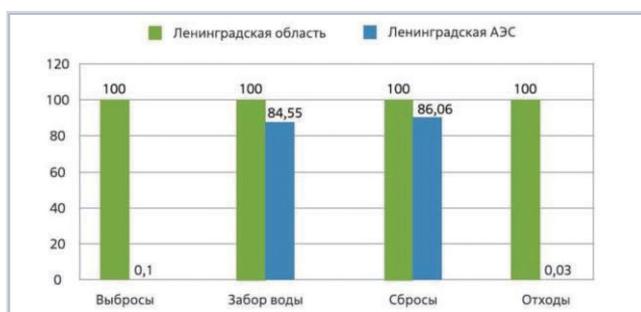


Рисунок 6.33 – Удельный вес выбросов, сбросов и образования отходов Ленинградской АЭС в показателях воздействия на окружающую среду в Ленинградской области в % (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году)

В 2022 г. инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, составили 56 079 тыс. руб.:

– на охрану и рациональное использование водных ресурсов – 28 645 тыс. руб.;

– на охрану и рациональное использование земель – 25 232 тыс. руб.;

– на охрану и рациональное использование лесных ресурсов – 2 202 тыс. руб.

Текущие эксплуатационные затраты на охрану окружающей среды (рисунок 6.34) в 2022 г. составили 811 074 тыс. руб., в том числе:

– на обеспечение радиационной безопасности окружающей среды – 716 320 тыс. руб.;

– на сбор и очистку сточных вод – 79 917 тыс. руб.;

– на охрану атмосферного воздуха – 5 250 тыс. руб.;

– на обращение с отходами производства и потребления – 2 146 тыс. руб.;

– на осуществление прочих направлений деятельности в сфере охраны окружающей среды – 7 441 тыс. руб.

Плата за негативное воздействие на окружающую среду в 2022 году составила 2 922,0 тыс. руб. (рисунок 6.35). Платежи за выбросы в атмосферный воздух в общей сумме платежей за негативное воздействие на окружающую среду в 2022 году составляют 45,4 тыс. руб., за сбросы в водные объекты – 329,9 тыс. руб., за размещение отходов производства и потребления – 2 546,7 тыс. руб.

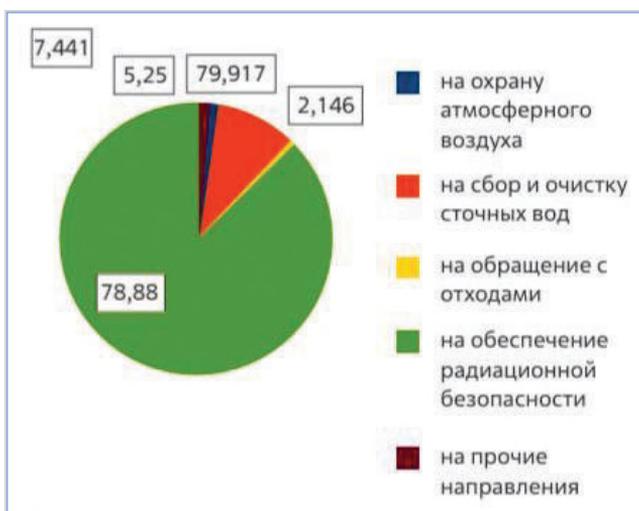


Рисунок 6.34 – Текущие эксплуатационные затраты на выполнение работ по охране окружающей среды в 2022 г., млн. руб. (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году)

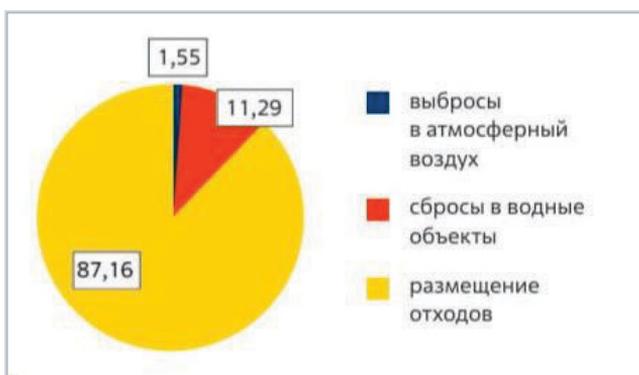


Рисунок 6.35 – Структура платы за воздействие на окружающую среду Ленинградской АЭС в 2022 году, % (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году)

Регулярные наблюдения за состоянием поверхностных водных объектов не фиксируют ухудшения качества вод исследуемых водных объектов по

сравнению с предыдущим периодом наблюдений. Характерными загрязняющими веществами для всех водных объектов являются органические вещества (по ХПК), азот нитритный, железо общее, медь и марганец. Многолетняя динамика распределения средних значений свинца, меди и цинка в Копорской губе характеризуется тенденцией к снижению. Содержание свинца в среднем наблюдается ниже предела обнаружения методик. Также можно отметить тенденцию к росту содержания растворенного кислорода, величины водородного показателя рН и азота нитритного. Такие показатели, как азот нитратный и аммонийный, а также фосфаты по фосфору, характеризуются тенденцией к снижению. В районе расположения Ленинградской АЭС согласно результатам мониторинга состояния окружающей среды отсутствуют территории, загрязненные радиоактивными или вредными химическими веществами. Нарушений земельного законодательства не отмечено» (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Бодров О.В. [11/05/2021] SOSновый Бор, ядерный кластер южного берега Финского залива и уроки Чернобыля. <https://decommission.ru/2021/05/02/>. Дата обращения 12.12.2023.
- Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году / Доклад Администрация Ленинградской области. Комитет по природным ресурсам Ленинградской области). – СПб., 2023. – 219 с.
- Орлова М. И. Серая книга Российского сектора Балтийского моря: В 5 томах / М. И. Орлова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – 261 с.
- Отчет и заключение экспертной комиссии по комплексному анализу экологической обстановки в районе г. Сосновый Бор от 30.09.1992.

6.5. Деятельность, направленная на сохранение природных ресурсов Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Пожарская О.Д., Быстрова Н.Ю.*

ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: olesya@spbrc.nw.ru

6.5.1. Особо охраняемые природные территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Пространственное распределение ООПТ на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области как субъектов сохранения природных комплексов и отдельных природных объектов бассейна ВЧФЗ и обеспечения экосистемных услуг

До настоящего времени наиболее действенным подходом к сохранению природных ресурсов в условиях роста антропогенных нагрузок можно считать создание, поддержание и развитие сети особо охраняемых природных территорий.

6.5.1.1. Территория Санкт-Петербурга

Согласно Генеральному плану Санкт-Петербурга от 21 декабря 2005 года, 01.03.2021 статус особо охраняемых природных территорий должны были получить следующие объекты: «Левашовский», «Ораниенбаумский», «Риф», «Шунгеровский», «Береговой уступ «Серово», «Пухтолова гора». Только два из них на сегодняшний день получили такой статус: 08.06.2021 был создан заказник «Шунгеровский», площадью 330,5 га; 11.01.2023 был создан Заказник «Левашовский», площадью 2704 га. Их общая площадь составляет 3 034,5 га. Заказник «Левашовский» стал самым крупным по площади ООПТ в Санкт-Петербурге (Официальный сайт ГКУ, URL: <https://oopt.spb.ru/>).

По состоянию на 25.04.2023 г. на территории Санкт-Петербурга функционируют:

- десять государственных природных заказников регионального значения;
- семь памятников природы регионального значения.

Общая площадь, занимаемая охраняемыми природными территориями регионального значения – 9 212 га, что составляет 6,4 % от площади Санкт-Петербурга как субъекта Российской Федерации. Далее, 486 тыс. га составляет площадь охраняемых территорий в Ленинградской области, это примерно 6% от территории области. Водный бассейн рек и озер бассейна Финского залива

занимает практически всю территория Ленинградской области (рис. 6.19, 6.20). Все ООПТ Санкт-Петербурга и Ленинградской области находятся в пределах бассейна рек и озер бассейна Финского залива, что обуславливает сохранность водных объектов на определенных участках.

Заказник «Юнтоловский». Первая особо охраняемая природная территория в Санкт-Петербурге появилась в 1990 году – заказник «Юнтоловский». На протяжении нескольких лет ученые и другие небезразличные люди проводили разнообразные мероприятия по выведению уникальной природной территории из градостроительной деятельности. Их голоса были услышаны и территории вокруг Лахтинского разлива и самому разливу придали статус особо охраняемой. Общая площадь охраняемой территории занимает 977 га. Государственный природный заказник граничит со спальными районами города с юго-западной и юго-восточной стороны. С севера и северо-восточной стороны проходит автомагистраль «Западный скоростной диаметр». С южной стороны небольшая часть городской застройки и Финский залив Невская губа. Ценность этой территории обусловлена тем, что несмотря на хозяйственную деятельность, торфоразработки и добычу песка с отмелей Невской губы в прошлом столетии, типичные формы естественного ландшафта, которые характерны для приморской равнины, сохранились, и эта территория продолжила служить, в частности, местом стоянки для перелетных птиц.

В 1992 году Малым советом было составлено решение от 22.04.1992 № 97 «О государственных памятниках природы Дудергофских высотах, Комаровском берегу, Стрельнинском берегу, парке «Сергиевка» о создании четырех особо охраняемых природных территориях представляющих ценные природные комплексы, а также места обитания и стоянок перелетных птиц.

Памятник природы регионального значения «Дудергофские высоты», площадью 65 га. Для Санкт-Петербурга эта территория уникальна тем, что, во-первых, имеет самую высокую точку над уровнем моря, гора Ореховая 147 м, во-вторых, в XIX веке на этой территории был преимущественно еловый лес, но также имелись широколиственные породы. После Великой Отечественной войны, от живописного парка остались лишь редины молодняка и единичные взрослые деревья. Спустя десятилетия на этой территории сформировался широколиственный лес, не типичный для нашего региона. Здесь произрастают редкие виды растений, занесенных в Красную книгу РФ, проживают редкие виды животных.

Памятник природы регионального значения «Комаровский берег», площадью 180 га. Часть территории ООПТ находится на литориновой террасе,

что в прошлом являлось дном Литторинового моря. От побережья залива до берега древнего моря к Зеленогорскому шоссе, прослеживается смена растительных сообществ. Дальше от побережья находятся ценные естественные экосистемы, а также территория старинного парка с заросшими искусственными водоемами. Также как и заказник «Юнтоловский», данное ООПТ используется перелетными птицами для отдыха.

Памятник природы регионального значения «Стрельнинский берег», площадь 40 га. Территория ООПТ в прошлом была достаточно нарушена, сейчас она не имеет свободного доступа для посетителей. При строгом режиме ограниченного посещения происходит процесс восстановления численности гнездящихся птиц. Также эту территорию используют для стоянки перелетные птицы.

Памятник природы регионального значения «Парк «Сергиевка», площадь 120 га. Через территорию ООПТ проходит Ораниенбаумское шоссе. Флора ООПТ достаточно разнообразна. Большое количество видов птиц остается на зиму, проживает 9 видов летучих мышей, также были замечены птицы, находящиеся в Красной книге Санкт-Петербурга. С восточной стороны «Парк «Сергиевка» граничит с государственным природным заказником регионального значения «Южное побережье Невской губы», общая площадь которого 266 га – особо охраняемый статус был присвоен в 2013 году. ООПТ состоит из трех участков: «Кронштадтская колония», «Собственная дача», «Знаменка». На мелководье у побережья всех трех участках формируются плавни. У побережья участка «Собственная дача» произрастают обширные тростниковые заросли. На ООПТ встречается много видов птиц, занесенных в Красную книгу, как Санкт-Петербурга, так и РФ. Для отдыха и кормежки данную территорию используют как водоплавающие птицы, так и сухопутные, включая хищников.

Государственный природный заказник «Шунгеровский», площадью 330,5 га – получил статус особо охраняемой природной территории совсем недавно, в 2021 году. Территория ООПТ разделена Волхонским шоссе на два участка: «Лесной» в прошлом Шунгеровский лесопарк и «Кикенка» включающий часть долины одноименной реки. На территории произрастают и проживают представители флоры и фауны, занесенные в Красную книгу Санкт-Петербурга. Ценным также является и сам ландшафт ООПТ, представленный лугами, ивняками и мелколиственными лесами.

Государственный природный заказник регионального значения «Озеро Щучье», площадью 1 157 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 2011 году. Территория ООПТ богата разнообразными видами

животных и растений. На одном из озер встречается водное растение, занесенное в Красную книгу РФ. На территории заказника распространены камовые холмы.

Государственный природный заказник регионального значения «Сестрорецкое болото», площадью 1 877 га, являющийся вторым по площади ООПТ в Санкт-Петербурге, получил статус особо охраняемой природной территории в 2011 году. В целом территория не испытывала антропогенного вмешательства, за исключением затопления южной части болота, в результате создания водохранилища Сестрорецкий разлив. В заказнике обитает несколько видов птиц занесенных в Красную книгу РФ, один вид включен в Красную книгу Международного союза охраны природы. Территорию используют птицы не только для гнездования, но и для кормежки. На подтопленной части болота находится крупная колония озерной чайки.

Крупнейший государственный природный заказник регионального значения «Левашовский», площадью 2 704 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 2023 году. Данная территория поделена на пять участков: «Западный», «Центральный», «Северо-восточный», «Восточный», «Юго-восточный». Через заказник проходит Западный скоростной диаметр. Данной территории придали статус особо охраняемой с целью сохранения и восстановления природных комплексов. Согласно материалам, представленных научными учреждениями Санкт-Петербурга, в ходе инвентаризации флоры, на территории заказника обнаружен редкий вид сосудистых растений.

Памятник природы регионального значения «Петровский пруд», площадью 3,1 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 2011 году. Пруд появился в результате деятельности человека, на его месте в прошлом был огромный валун, который был извлечен для создания постамента памятнику Петру I «Медный всадник». Место, откуда валун был извлечен, со временем заполнилось водой. Несмотря на свою небольшую площадь, данная территория обладает богатым разнообразием различных видов растений и животных.

Памятник природы регионального значения «Елагин остров», площадью 96,8 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 2012 году. На протяжении всего исторического периода остров менял свое название в зависимости от того, кто становился его владельцем. Каждый хозяин по-своему обустроивал и облагораживал территорию, благодаря чему она и стала памятником природы. Несмотря на то, что она находится в центре большого города, она характеризуется значительным разнообразием растений, типичных и нетипичных для нашего региона, а также разнообразной фауной. Так как парк

находится в городе, его посещает очень много людей, поэтому статус охраняемой территории необходим.

Государственный природный заказник регионального значения «Западный Котлин», площадью 102 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 2012 году. Западная часть острова Котлин, в прошлом подверглась воздействию со стороны строительства военных защитных сооружений. Также эта территория испытывала воздействие от самих военных сражений отечественных войн. Помимо природных объектов здесь находятся объекты культурного наследия, фортификационные сооружения. На той части западного Котлина, которая не подвергалась значительным преобразованиям, сохранился уникальный природный комплекс. Эта территория несмотря на то, что занимает небольшую площадь, является местом гнездования и миграционных стоянок птиц. Среди сосудистых растений встречаются редкие и охраняемые виды.

Государственный природный заказник регионального значения «Гладышевский», площадью 765 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 1996 году. Данная территория давно использовалась людьми. Там располагались населенные пункты, сельскохозяйственные угодья. Большой ущерб принесла война. В послевоенное время территория стала застраиваться различными учреждениями, санаториями, которые в свою очередь с 1990 г. постепенно приходят в запустение. Часть территории заказника в прошлом была парком, поэтому сейчас там произрастают адвентивные виды древесных и травянистых растений. Большое число видов позвоночных обитает на территории заказника благодаря разнообразному геологическому ландшафту, растительности, наличию рек и открытых участков на их берегах. Ряд видов рептилий, птиц и млекопитающих, которые там обитают, занесены в Красную книгу Санкт-Петербурга. Территория используется перелетными птицами. В реках обитает моллюск, занесенный в Красную книгу РФ.

Государственный природный заказник регионального значения «Новоорловский», площадью 138,3 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 2015 году. Территория заказника была полностью покрыта лесом до 1920 года, затем ее начали активно использовать для добычи песка и был построен асфальтобетонный завод и другие предприятия. Во время войны был вырублен оставшийся лес. В послевоенное время проводились посадки и обустройство, проложена сеть тропинок. В настоящее время территорию заказника со всех сторон окружает городская застройка, соответственно территория испытывает сильную антропогенную нагрузку. Несмотря на это, на территории постоянно проживают некоторые виды птиц,

несколько видов перелетных птиц использует ее для отдыха и кормежки, а некоторые остаются на зиму.

Памятник природы регионального значения «Долина реки Поповки», площадью 25,7 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 2013 году. Благодаря многочисленным обнажениям горных пород, долина является естественным памятником геологической истории. Здесь произрастают редкие виды растений, формируя необычные и ценные для нашего региона растительные сообщества. Место используется для массового гнездования птиц.

Комплексный государственный природный заказник регионального значения «Северное побережье Невской губы», площадью 330,44 га – получил статус особо охраняемой природной территории в 2009 году. В прошлом территория не подвергалась значительному антропогенному воздействию. Заказник находится вблизи населенных пунктов. На территории заказника находится старинный парк «Ближние Дубки» – объект культурного наследия регионального значения. Там встречаются деревья возрастом более 250 лет. Мелководная часть Невской губы у побережья заказника используется перелетными птицами. На территории произрастает множество видов растений, включая виды входящие в Красную книгу РФ.

Несмотря на большие перемены, происходящие в стране в 90-е годы, 5 территорий все-таки смогли попасть под охрану. Затем был долгий перерыв и только с 2009 года список снова стал пополняться.

У каждой ООПТ Санкт-Петербурга есть свой логотип и на нем изображен уникальный объект животного или растительного мира, который обитает на территории ООПТ и является редким. На рисунках 6.36 представлены некоторые из них.



Рисунок 6.36 – Логотипы ООПТ (слева направо: кулик перевозчик, северный лесной муравей, венерин башмачок настоящий, жемчужница обыкновенная) (Официальный сайт ГКУ, URL: <https://oopt.spb.ru/>)

6.5.1.2. Территория Ленинградской области

На территории Ленинградской области функционируют 3 федеральных, 49 региональных и 4 местных ООПТ. В непосредственной близости акватории Финского залива функционируют 10 ООПТ: 7 – государственных природных заказников, 1 – охраняемый природный ландшафт, 1 – памятник природы, 1 – государственный природный заповедник. Из 29, описанных ниже ООПТ, 14 были созданы в 1976 году, в 2008 было создано три и в дальнейшем создавалось по одному ООПТ в несколько лет (Официальный сайт «Особо охраняемые территории Ленинградской области», URL: <https://oopt.spb.ru/>).

Государственный природный заказник «Кургальский» (Кингисеппский район), создан в 1975 году, его площадь составляет 55,5 тыс. га. Заказник расположен недалеко от поселка Усть-Луга. Заказник включает полуостров Кургальский, прилегающую акваторию Финского залива и острова. Эта территория уникальна тем, что в северной части находятся реликтовые участки широколиственных и елово-широколиственных лесов, в южной части располагаются дюнные сосняки, не имеющие аналогов в Ленинградской области. Главной природной ценностью заказника являются птицы, множество птиц здесь гнездятся, среди них редкие виды птиц. Территория используется для стоянок перелетными птицами. Также особую ценность имеют каменистые острова акватории, где устраивают залежки ластоногие, включая кольчатую нерпу, становящиеся всё более редко (глава 11).

Государственный природный заказник «Котельский» (Кингисеппский район), создан в 1976 году, его площадь составляет 16,1 тыс. га. Территория заказника протянулась на юго – юго-запад от побережья Копорской губы, т.е. совсем небольшая часть касается акватории. Тем не менее, на этом небольшом участке гнездятся и останавливаются во время перелета многие водоплавающие и околоводные птицы. Основная часть заказника охраняет природные комплексы крупных озёр, которые являются остатком древней долины р. Луга и обладают большим биоразнообразием.

Государственный природный заказник «Лебяжий» (Ломоносовский район), создан в 1979 году, его площадь составляет 6,3 тыс. га. Территория заказника – это побережье Финского залива и акватория с глубинами до 3 м. Для этой территории характерны заросли тростника, являющиеся местообитанием околоводных птиц. Также акватория заказника является местом стоянки перелетных птиц. Особенно ценятся стоянки лебедей, численность которых в период миграции составляет порядка 10 тыс. особей.

Государственный природный заказник «Березовые острова» (Выборгский район), создан в 1976 году, его площадь составляет 53,6 тыс. га. Территория заказника включает в себя архипелаг «Березовые острова» и прилегающую акваторию Финского залива. Флора и фауна достаточно разнообразны, на одном из островов произрастают реликтовые широколиственные леса, разнообразная приморская растительность, в составе которой много редких видов. Особенной ценностью обладают места обитания охраняемого вида чаек. Также заказник имеет ключевое значение для сохранения популяции исчезающей кольчатой нерпы. На юго-западе от архипелага находится район размножения кольчатой нерпы.

Государственный природный заказник «Выборгский» (Выборгский район), создан в 1976 году, его площадь составляет 11,3 тыс. га. Территория заказника включает в себя северную часть полуострова Киперорт, акваторию Бухты Ключевская и около 50 островов Выборгского залива. В северной части заказника преобладают скалистые острова. Некоторые острова поросли широколиственными лесами, в травяном ярусе которых произрастают редкие неморальные виды. На мелководьях у островов встречается балтийский эндемичный вид – частуха Валенберга. Вдоль побережий распространены черноольшаники. Территория заказника служит местом гнездования многих видов птиц, а также местом стоянок перелетных птиц.

Государственный природный заказник «Весенний» (Выборгский район), создан в 2016 году, площадь составляет 819 га. Несмотря на небольшую площадь, территория заказника включает около 20 островов и прибрежную часть Финского залива. Некоторые острова покрыты широколиственным лесами, возраст некоторых деревьев превышает 100 лет. Растительный покров сложен приморскими сообществами, в составе которых произрастают редкие виды. Территория используется птицами для гнездования и для стоянок перелетных птиц. Мелководные участки представляют особую ценность в качестве нерестилищ рыб.

Государственный природный заказник «Кивипарк» (Выборгский район), создан в 2012 году, площадь составляет 6,9 тыс. га. Заказник включает северную часть побережья Финского залива, прилегающую акваторию и острова. Характерный элемент ландшафта это сельги. Среди растительности морского побережья распространены приморские сообщества с редкими видами растительности. Встречаются участки солонцеватых низкотравных лугов, с характерными для них солелюбивыми видами растений. Песчаные побережья заняты сообществами с растениями-песколюбями. На островах и в прибрежной

зоне можно встретить много видов птиц, как гнездящихся, так и перелетных, включая редкие виды.

Государственный природный заказник «Болото Ламмин-Суо» (Выборгский район), создан в 1976 году, площадь составляет 392 га. Территория сложена многочисленными холмами, чередующимися глубокими котловинами, в одной из таких котловин располагается верховое болото. Растительные сообщества являются эталонными для Карельского перешейка. Здесь произрастают растения и гнездятся птицы находящиеся в Красной книге РФ.

Государственный природный заказник «Болото Озёрное» (Выборгский район), создан в 1976 году, площадь составляет 1 000 га. Основную часть территории заказника занимает болотный массив, где представлены основные типы болот. Но также на территории присутствуют озера, не менее 100 мелких озер, образовавшихся в трещинах торфяной залежи. Болота и озера обрамляются камовыми холмами и сосновыми борами, что делает территорию заказника очень богатой в видовом составе животных. Здесь обитает более трети гнездовой орнитофауны Ленинградской области. Произрастают растения занесенные в Красную книгу РФ и несколько видов птиц занесенные в Красную книгу Ленинградской области.

Государственный природный заказник «Гладышевский» (Выборгский район), создан в 1996 году, площадь составляет 7,6 тыс.... га. Заказник находится на территории двух субъектов, наибольшая часть в Ленинградской области, наименьшая в Санкт-Петербурге. Полностью заказник выполняет общую цель, сохранить природные комплексы водной системы, включающей реку Великая, Гладышевское озеро, реки Гладышевка, Рощинка и Черная. В реках обитает и нерестится ценный вид лососевых рыб и также в реках обитает исчезающий вид жемчужницы жемчугоносной. Оба вида требовательны к качеству воды, поэтому в связи с антропогенными нагрузками, места их обитания быстрыми темпами сокращаются.

Государственный природный заказник «Линдуловская роща» (Выборгский район), создан в 1976 году, площадь составляет 1 000 га. Заказник создан с целью сохранения старейшего искусственного насаждения лиственницы, которые были посажены для нужд кораблестроения в XVIII веке. На территории заказника протекает река Рощинка, в которой обитают ценный вид лососевых рыб и жемчужница жемчугоносная.

Государственный природный заказник «Анисимовские озёра» (Выборгский район), создан в 2016 году, площадь составляет 1,6 тыс. га. Территория заказника представляет собой сельговый ландшафт, характерный для

Карельского перешейка. В заказник входит система озер: Верхнее и Нижнее Анисимовские, Артельное и Прохладное. Озера связаны ручьями и стекают в реку Михайловка. Некоторые озера имеют родниковое питание, поэтому вода в них особенно чистая. На территории произрастают старовозрастные сосновые и еловые леса. В понижениях рельефа можно встретить мелколиственные леса, также встречаются и заболоченные участки. Произрастают растения занесенные в Красную книгу РФ и обитает несколько видов птиц занесенных в Красную книгу РФ и Ленинградской области.

Государственный природный заказник «Сяберский» (Лужский район), создан в 1976 году, площадь составляет 12 тыс. га. В рельефе территории выражены песчаные холмы, камы и котловины между ними, где располагаются озера. Озера между собой соединяются реками и протоками. Также встречаются верховые, ключевые болота, леса с участием широколиственных пород деревьев. Данная территория служит местом обитания для многих животных, местом кормежки и отдыха для перелетных птиц. Произрастает множество растений и птиц занесенных в Красную книгу РФ и Ленинградской области.

Государственный природный заказник «Шалово-Перечицкий» (Лужский район), создан в 1976 году, площадь составляет 6 тыс. га. Территория заказника включает ландшафты среднего течения реки Луга с устьем рек Оредеж и Переволока и их прибрежный холмисто камовый рельеф. Между холмами расположены озера и болота. Встречаются участки старовозрастного соснового леса. По склонам рек распространены леса с участием широколиственных пород деревьев. На территории заказника произрастают редкие для нашего региона южноборовые виды растений. Территория служит местом обитания многих видов птиц и местом зимовки позвоночных животных. Также встречаются виды растений и животных занесенных в Красную книгу РФ и Ленинградской области.

Государственный природный заказник «Черемнецкий» (Лужский район), создан в 1976 году, площадь составляет 7 тыс. га. В заказнике расположены два древних доледниковых достаточно крупных озера с прилегающими к ним ландшафтами ледникового происхождения, которые являются редкими для территории Ленинградской области. В озерах много ключей, поэтому вода достаточно чистая. На территории заказника произрастают растения, занесенные в Красную книгу РФ и Ленинградской области. Здесь обитают многочисленные виды животных, занесенные в Красную книгу РФ и Ленинградской области.

Государственный природный заказник «Лисинский» (Тосненский район), создан в 1976 году, площадь составляет 28 тыс. га. Создан с целью сохранения лесов, которые в XVIII веке считались заповедными корабельными лесами. Здесь

созданы эталонные природные объекты, существует дендросад, в котором произрастают интродуценты. Произрастают старовозрастные еловые леса. Среди животных распространены типичные лесные виды, но также в небольшом количестве встречаются водно-болотные и луговые виды. Здесь произрастают виды растений и обитают виды животных, занесенные в Красную книгу РФ и Ленинградской области.

Государственный природный заказник «Глебовское болото» (Гатчинский, Лужский и Тосненские районы), создан в 1976 году, площадь составляет 14,7 тыс. га. Заказник охраняет достаточную крупную систему верховых грядово-мочажинных болот. Ручьи, вытекающие из болота, играют важную роль в водном режиме рек Оредеж и Тосно. На территории в основном обитают водно-болотные виды, также встречаются и лесные. Леса состоят в основном из ели, но можно встретить и широколиственные породы. Территорию используют перелетные птицы, некоторые виды гнездятся. Также здесь обитают виды животных, которые избегают близкого соседства с людьми.

Государственный природный заказник «Мишинское болото» (Гатчинский и Лужский районы), создан в 1982 году, площадь составляет 60 тыс. га. Одной из целей создания является сохранение крупной водно-болотной системы. Территория является местом обитания для множества видов животных и растений. Фауна типична для подзоны южной тайги, здесь встречаются виды из хвойно-широколиственных и широколиственных лесов.

Природный парк «Токсовский» (Всеволожский район), создан в 2019 году, площадь составляет 2,7 тыс. га. На территории расположены три крупных кластерных участка: Кавголовское озеро, Курголовское озеро и река Охта. Кавголовское озеро разделено железной дорогой, что, собственно, и образовало два озера Кавголовское и Курголовское. Присутствуют также заболоченные участки, преимущественно верховые торфяники. Флора в целом типична для южной части Карельского перешейка, но нетипичными являются участки с присутствием широколиственных древесных пород. В озерах произрастают редкие виды водных растений, которые напрямую зависят от качества воды, например лобелия Дортмана. Несмотря на то, что территория парка граничит с населенными пунктами и испытывает определенную нагрузку, фауна позвоночных животных довольно разнообразна. На территории обитают редкие виды животных, произрастают растения занесенные в Красную книгу РФ.

Особо охраняемая природная территория местного значения «Заказник Илола» (Выборгский район), создан в 2008 году, площадь составляет 3,9 тыс. га. Целью создания является сохранение лесов с широколиственными породами,

старовозрастных мало нарушенных ельников, кустарничково-сфагнового болота Подгорское. На территории заказника обитают редкие виды животных.

Охраняемый природный ландшафт «Поляна Бианки» (Ломоносовский район), создан в 2008 году, площадь составляет 20 га. Участок представляет собой террасированную приморскую равнину. ООПТ составляет прибрежно-рекреационную зону поселка Лебяжье. На территории произрастают виды растений, занесенные в Красную книгу Ленинградской области. Вблизи этой территории имеются массовые стоянки птиц и происходит интенсивный перелет. Эта территория удобна для ведения наблюдений за птицами, тем самым имеет эколого-просветительское значение.

Охраняемый природный ландшафт «Хаапала» (Выборгский район), создан в 2008 году, площадь составляет 396 га. Территория ООПТ находится на левом берегу реки Сестра. Несмотря на небольшие размеры, охраняемая территория является накопителем, хранителем и источником биологического разнообразия. Наличие поблизости дачных поселений является дополнительным источником пищи для зверей и птиц. На территории произрастают редкие виды растений и грибов, обитают редкие виды животных.

Памятник природы «Бухта жёлтая» (Выборгский район), один из молодых ООПТ, создан в 2023 году, площадь составляет 613 га. ООПТ в основном занимает территорию суши и немного акваторию. Особо ценными являются места стоянок перелетных птиц, места гнездования водоплавающих и околоводных птиц.

Памятник природы «Река Величка» (Выборгский район), создан в 2021 году, площадь составляет 400 га. Основной целью создания является сохранение природного комплекса реки, включая прибрежные территории с высоким биологическим разнообразием.

Памятник природы «Истоки реки Оредеж в урочище Донцо» (Волосовский район), создан в 1976 году, площадь составляет 950 га. Из толщи известняков вытекают родники, которыми затоплен бывший карьер Кюрлевский, в котором добывали гажу. Это место получило название Донцо. Подземные источники дают начало реке Оредеж. На территории распространены альваровые ландшафты, с соответствующим растительным сообществом, что встречается на территории Ленинградской области только здесь. Встречаются низинные болота на известняке. В верховьях реки нерестится ручьевая форель. Произрастают растения, занесенные в Красную книгу РФ.

Памятник природы «Радоновые источники и озера у деревни Лопухинка» (Ломоносовский район), создан в 1976 году, площадь составляет 159 га. На

территории расположены места выходов родников, обогащенных радоном. В прошлом на этом месте действовала небольшая водолечебница. Произрастают леса со значительным количеством широколиственных пород деревьев.

Памятник природы «Колтушские высоты» (Всеволожский район), создан в 2015 году, площадь составляет 1,2 тыс. га. Территория памятника природы находится на Колтушской возвышенности. Рельеф представлен камами с ложбинами и котловинами, где расположены болота и озера. На вершинах и склонах произрастают таежные хвойные леса возрастом более 100 лет. На территории имеются следы антропогенного воздействия и несмотря на это животный мир достаточно разнообразен. Здесь обитает несколько видов птиц, занесенных в Красную книгу РФ.

Памятник природы «Саблинский» (Тосненский район), создан в 1976 году, площадь составляет 328 га. Через всю территорию проходит река Тосна, включая слияние с рекой Саблинка. Интерес представляют обрывистые берега рек, сложенные песчаниками и известняками. В XIX веке там добывали кварцевый песок для производства стекла. В настоящее время старые горные выработки называются Саблинскими пещерами. В них зимуют летучие мыши. Преимущественно вдоль рек произрастают широколиственные породы деревьев. В травянистом покрове встречаются редкие виды растений.

Государственный природный заповедник «Восток Финского залива (Ингерманландский)» (два участка: в Выборгском и Кингисепском районах), создан в 2017 году, площадь составляет 14 тыс. га. Заповедник состоит из островов и прилегающей к ним акваториям. Природные комплексы состоят из множества видов растений, включая редкие. Данная территория служит местом нерестилищ, местом нагула молоди. Обитает много видов птиц, включая редкие. Также территория используется для отдыха и кормежки перелетными птицами.

Как было написано в начале главы, помимо обычных прогулок, подобные территории можно использовать для просветительской деятельности для детей младших и старших классов, студентов всех направлений обучения и для всех других интересующихся природой, историей и культурой людей. На многих ООПТ созданы экомаршруты, охватывающий самые примечательные участки с охраняемыми видами растений и животных, где посетители могут узнать об особенностях природы Санкт-Петербурга. Конечно, на охраняемых территориях действуют ограничительные правила, соблюдение которых обязательно. Большой популярностью пользуется экомаршрут «Комаровский берег» протяженностью 2,8 км. Он проходит через старовозрастные еловые леса, заросший парк начала XX века с системой прудов и выходит на песчаные пляжи

Финского залива. Некоторые ООПТ могут рассказать о геологическом прошлом, например экомаршрут «Сестрорецкое болото» проходит через остатки береговых валов древних морей. Часть маршрута проходит через болота: низинное, переходное и верховое. Всю информацию можно узнать из информационных стендов, которые установлены на протяжении всего маршрута. У некоторых ООПТ создан определенный стиль, например у «Северное побережье Невской губы» имеется много стендов с персонажами народных сказок, былин и поверий. Уникальным объектом этой территории является дуб, которому больше 300 лет. Также в ООПТ можно встретить исторические достопримечательности, оставшиеся после людей. В заказнике «Западный Котлин» экомаршрут охватывает как уникальные природные объекты: черноольховые леса, песчаные дюны, прибрежные мелководья, так и памятники истории и архитектуры: фортификационный форт «Шанц» и насыпь железнодорожного перегона.

Для посещения доступны многие ООПТ и в Ленинградской области: «Долина реки Выбь и Лужская губа» в Кургальском заказнике, живописная экотропа в заповеднике Монрепо, экотропа в усадьбе Демидовых «Тайцы», экомаршрут «Саблинский БИО-лабиринт», экотропа «Юкковские камы», экотропа в заказнике Раковые озера, Радоновые озера в деревне Лопухинка – экотропа, экотропа «Сестрорецкое болото», экологический маршрут на территории заказника «Гряда Врямянселькя», прогулочный маршрут «Заповедный лабиринт», экологическая тропа «Мыс Киперорт», экологическая тропа в Лисинском заказнике, экологическая тропа «Малиновая гора» в природном парке «Токсовский», тропа здоровья вокруг озера Хепоярви, экотропа в Линдуловской роще, Дудергофские высоты, Токсовские высоты, заказник «Дубравы у деревни Велькота», экомаршрут «Школа жизни» в Сиверском, арт- и экомаршрут по усадьбе Рерихов, тропа «Кивипарк», тропа Хо Ши Мина, Гладышевская экотропа, маршрут в заказнике «Щучье озеро», Колтушские высоты и Гатчинский экомаршрут и др. (Научно-популярный туризм..., URL: <https://www.researchgate.net/publication/374083295>).

6.5.2. Развитие системы обращения с твердыми коммунальными отходами в Санкт-Петербурге и в Ленинградской области

01 января 2022 года в Санкт-Петербурге стартовала новая система обращения с твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО). Единый региональный оператор АО «Невский экологический оператор» (далее – НЭО)

поставил цель создать объекты мусороперерабатывающей инфраструктуры – современные комплексы сортировки и переработки отходов; внедрение технологических и управленческих инноваций, призванных обеспечить высокие стандарты в области охраны окружающей среды и создание прозрачной системы взаимодействия между всеми участниками цепочки сбора – вывоза – переработки и утилизации ТКО, включая граждан как потребителей коммунальной услуги.

До вступления в силу реформы, все виды отходов вывозили частные компании, имеющие лицензию на подобную деятельность. Сейчас эти компании работают в качестве подрядных организаций по вывозу ТКО у регионального оператора. Но как самостоятельные организации они продолжают вывозить все остальные виды отходов. Какие именно отходы относятся к ТКО, представлено в перечне на официальном сайте НЭО.

Самым востребованным и распространенным методом обращения с отходами в нашей стране является захоронение отходов на специализированных полигонах, которые занимают огромную территорию, они считаются источником биологического загрязнения и в целом опасными для окружающей среды. За последние несколько лет, тема обращения с отходами становится более актуальной, больше внимания уделяется охране окружающей среды. Законодательство страны нацелено на то, что захоронение отходов должно сместиться со своей приоритетной позиции.

Большинство отходов обладают ценными свойствами, часть отходов пригодна для переработки во вторичные материальные ресурсы и только небольшая часть непригодна ни для того, ни для другого. Важно научиться это разделять и обладать предприятиями, способными извлекать из отходов их ценные компоненты и перерабатывать отходы в полезное сырье. Вследствие чего это занимает важное место в развитии деятельности регионального оператора.

В Санкт-Петербурге предприняты меры для увеличения доли перерабатываемых отходов. 16 декабря 2022 года в Санкт-Петербурге состоялось открытие комплекса по переработке отходов «Волхонка». Комплекс создан на основе существующего производственного комплекса опытного завода механизированной переработки отходов, предполагается его реконструкция и модернизация. Все это будет происходить в два этапа, в настоящее время выполнен первый этап (Пожарская, 2023).

На комплексе «Волхонка» применены: автоматическая сортировка; сепараторы (барабанные, магнитные, вихретоковые, оптические, баллистические, воздушные и оптические); посты ручного контроля потока;

подающие и разгоняющие конвейеры; тоннельное компостирование; система газоочистки; первичный и вторичный шредеры; автоматические прессы с модулем прокалывания тары. Осуществляется производство: вторсырья, альтернативного топлива, техногрунта. Мощность обработки (600 тыс.т/год) и обезвреживания (240 тыс.т/год) , захоронение отходов не подразумевается (Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга, URL: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/243358/>).

НЭО реализует внедрение комплексной системы раздельного накопления отходов на территории Санкт-Петербурга. Двухпоточная система раздельного накопления отходов используется в Приморском, Выборгском и Московском районах. В рамках двухпоточного раздельного сбора установлены дополнительные контейнеры для вторсырья синего цвета: в них можно выбрасывать все фракции полезных отходов.

Принимаемые фракции:

- пластик с маркировками 01 (PETE), 02 (HDPE), 05 (PP);
- жестяные и алюминиевые банки, на них стоит маркировка 40 (FE), 41 (ALU);
- многослойная упаковка с маркировками 81 (PapPet), 82, 84 (C/PAP);
- стеклянные банки, бутылки, стеклобой;
- бумага, книги, журналы, газеты, картон, тетради, бумажные пакеты (Невский экологический оператор. Официальный сайт, URL: <https://spb-neo.ru/informatsiya-dlya-potrebiteley/dlya-fiz-lits/razdelnyy-sbor-otkhodov/>).

Главная задача при таком методе накопления – отделить органические (мокрые) отходы от вторсырья, которое должно быть чистым для последующей переработки. Все собранные отходы вывозят специальные отдельные мусоровозы, которые транспортируют вторсырье на мусороперерабатывающие комплексы для последующей обработки. Сортировка частично автоматизирована, что позволяет ускорить процесс. В результате обработки выделяют следующие фракции: ПЭТ, ПНД, ПП, картонная многослойная упаковка (тетрапак), стекло, макулатура, алюминиевые и консервные банки.

Региональный оператор совместно с партнерами реализуют многопоточную систему раздельного накопления отходов в Калининском, Красногвардейском, Невском, Петроградском, Курортном, Колпинском и Пушкинском районах. При многофракционной системе используются желтые контейнеры для сбора пластиковых и металлических отходов, а также картонной упаковки для напитков (Невский экологический оператор. Официальный сайт,

URL: <https://spb-neo.ru/informatsiya-dlya-potrebiteley/dlya-fiz-lits/razdelnyy-sbor-otkhodov/>).

Принимаемые фракции:

Для желтых контейнеров:

– пластик с маркировками 01 (PETE), 02 (HDPE), 05 (PP);

– жестяные и алюминиевые банки, на них стоит маркировка 40 (FE), 41 (ALU);

– многослойная упаковка с маркировками 81 (PapPet), 82, 84 (C/PAP).

Для черных контейнеров:

– стеклянные банки, бутылки, стеклбой.

Для синих контейнеров:

– бумага, книги, журналы, газеты, картон, тетради, бумажные пакеты.

Собранные вторичные материальные ресурсы отправляют для обработки на производственные линии - там они проходят дополнительную сортировку, очищаются от примесей и загрязнений. Согласно выполненным расчетам, к 2030 году образование ТКО в городе Санкт-Петербург достигнет отметки в 13 002 248 м³ в год.

В Ленинградской области региональный оператор АО «УК по обращению с отходами в Ленинградской области» начал свою деятельность в 2018 году.

Большая часть отходов идет на захоронение, но в регионе также внедрена система раздельного сбора отходов. Фракций собирают достаточно мало и количество переработчиков ограничено, что соответственно тормозит развитие системы раздельного сбора. На всю область установлено 1257 площадок для сбора полиэтиленовых отходов, 1280 площадок для сбора стекла.

В Ленинградской области порядка 20 полигонов, которые принимают на захоронение твердые бытовые отходы, как с территории Ленинградской области, так и из других регионов, включая Санкт-Петербург.

Ближайшие к Финскому заливу полигоны ТБО находятся:

– поселок Новоселки к северу от Санкт-Петербурга;

– промзона ООО «ПГ «Фосфорит» на территории Большелуцкого сельского поселения к югу от Санкт-Петербурга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Научно-популярный туризм: вклад туризма в сохранение природного многообразия и экологическое просвещение [Электронный ресурс] – URL: <https://www.researchgate.net/publication/374083295> (дата обращения: 20.11.2023).

- Невский экологический оператор. Официальный сайт, [Электронный ресурс] – URL: <https://spb-neo.ru/informatsiya-dlya-potrebiteley/dlya-fiz-lits/razdelnyy-sbor-otkhodov/> (дата обращения: 20.11.2023).
- Официальный сайт «Особо охраняемые территории Ленинградской области» [Электронные ресурсы] – URL: <https://oopt.spb.ru/> (дата обращения: 06.10.2021). <https://ooptlo.ru/> (дата обращения: 15.10.2023).
- Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/243358/> (Дата обращения 14.11.2023).
- Официальный сайт ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга» [Электронные ресурсы] – URL: <https://oopt.spb.ru/> (дата обращения: 06.05.2023).
- Пожарская, О. Д. Мероприятия, проводимые в Санкт-Петербурге, в рамках национального проекта «Экология» в 2023 году / О. Д. Пожарская // Вестник МАНЭБ. – 2023. – Т. 28, № 3. – С. 46-49.

УДК 628.4.02

6.6. Анализ планов развития города Санкт-Петербурга и Ленинградской области и оценка влияния их реализации на состояние водной среды акватории восточной части Финского залива

Говорухин В.П, Ильина Н.Н.*

ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

**E-mail: govorukhin@spbrc.nw.ru*

Законодательным собранием Санкт-Петербурга принят Закон Санкт-Петербурга от 21 декабря 2023 года № 785-169 «О внесении изменений в Закон Санкт-Петербурга «О Генеральном плане Санкт-Петербурга». Генеральный план Санкт-Петербурга рассчитан до 2040 года, с прогнозом до 2050 года. Закон доступен на сайте официального электронного опубликования <https://npra.gov.spb.ru/SpbGovSearch/Document/57841.html>.

По градостроительным прогнозам:

- численность населения Санкт-Петербурга к 2040 году вырастет до 6,5 млн человек (на 01.01.2024 года – 5 млн 600 тыс. 031 чел.);
- объем строительства нового жилья составит около 67 млн кв. м, из них 39,7 млн кв. м – до 2030 года;
- основной объем новостроек запланирован в Пушкинском, Приморском и Московском районах;
- доля жилых зон от общей площади города уменьшится до 20% (за счет увеличения транспортной инфраструктуры, а также выделения территорий, отведенных под садоводства, в отдельную функциональную зону).

Оценка влияния реализации основных положений Генерального плана Санкт-Петербурга на состояние водной среды акватории восточной части Финского залива:

- увеличение численности населения Санкт-Петербурга и количества объектов жилья потребует увеличения инфраструктуры (объектов образования и здравоохранения, производственных и других объектов);
- на 15 – 20 % возрастет количество сточных вод, что потребует развития дополнительных очистных сооружений Санкт-Петербурга.

В Ленинградской области рассматривается возможность комплексного освоения южной части агломерации для создания нового жилого кластера. Согласно предварительным расчетам, в этой части региона до 2040 г. могут построить порядка 13 млн кв. м жилья, где смогут проживать почти 400 000 человек. Заместитель председателя Правительства Ленинградской

Планируется, что в течение 15 лет экономический эффект от освоения этих территорий принесет в бюджет Ленобласти около 4,5 трлн руб. в виде налогов: НДС, НДФЛ, на имущество физических и юридических лиц и др.

Развивать территории планируется с применением механизма комплексного развития территории (КРТ), который закрепляет за инвесторами юридические обязательства по развитию сопутствующей инфраструктуры, включая строительство социальных учреждений.

В последние годы самым быстрорастущим районом Ленинградской области был Всеволожский район, с которым Петербург граничит на севере и востоке:

– за последние 10 лет население района выросло в 2 раза – с 274 600 человек до 554 300 человек;

– численность проживающих в г. Мурино выросла в 10 раз: с 9 тыс. человек в 2013 г. до 105 тыс. человек в 2023 г.

Запрос властей Ленобласти на развитие южной агломерации связан с исчерпанием земельных ресурсов на севере.

Первоочередной проблемой при массовой застройке южной агломерации станет создание новых инженерных мощностей. Резерв мощности источников электроснабжения в границах рассматриваемой энергосистемы недостаточен для присоединения новых крупных потребителей. А реализация крупных проектов на территории потребует значительного объема строительства и реконструкции систем водоотведения.

Без строительства транспортной инфраструктуры новые жилые проекты не будут пользоваться большим спросом для покупки. В настоящее время сеть транспортных путей в районе проектирования представлена разряженной системой дорог, в концепции отмечаются пробелы в транспортных связях. Для улучшения транспортной доступности нужен качественный наземный общественный транспорт (Ведомости. Северо-Запад. URL: <https://spb.vedomosti.ru/realty/articles/2023/09/18/995690-lenoblast-zhiloi-klaster>).

С 1 февраля 2024 года в Ленинградской области начинается реализация Транспортной реформы (Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году), которая затронет смежные межрегиональные маршруты в ближней агломерации – в радиусе 50 километров от границы Санкт-Петербургом. Реформа охватит 90 маршрутов с регулируемыми тарифами из 126 межрегиональных маршрутов. Для этих 90 маршрутов закупят 450 автобусов среднего и большого класса. Еще 70 новых автобусов отдадут коммерческим маршрутам с нерегулируемыми тарифами.

Оценка влияния реализации основных положений Концепция развития юга Ленинградской области на состояние водной среды акватории восточной части Финского залива:

– увеличение численности населения в Ленинградской области и количества объектов жилья потребует увеличения инфраструктуры (объектов социальной культуры, образования и здравоохранения, производственных и других объектов);

– на 10 – 15 % возрастет количество сточных вод, что потребует развития очистных сооружений Ленинградской области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году / Доклад Администрация Ленинградской области. Комитет по природным ресурсам Ленинградской области). – СПб., 2023. – 219 с.

Комитет градостроительной политики Ленинградской области [Электронный ресурс] – URL: <https://arch.lenobl.ru/ru/news/56473/> (Дата обращения: 10.02.2024).

Официальный сайт – Ведомости. Северо-Запад. [Электронный ресурс] – URL: <https://spb.vedomosti.ru/realty/articles/2023/09/18/995690-lenoblast-zhiloi-klaster> (Дата обращения: 10.02.2024).

ЧАСТЬ 3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ И БИОТЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА ФИНСКОГО ЗАЛИВА: ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, АПРОБАЦИИ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ В 2019-2023 ГГ.

ВВЕДЕНИЕ

Общее описание материалов части 3. Часть 3 содержит 6 разноплановых глав (Главы 7-12), описывающих исследования, выполненные преимущественно в 2023 г. В 2023 г. было проведено исследование подводных биотопов и биоты в форме анализа открытых источников и результатов научного задела (фондовые материалы СПбНЦ РАН, результаты исследований авторов в ходе выполнения проекта трансграничного сотрудничества ER 55¹⁾), проведения полевых (натурных) наблюдений в соответствии с актуализированным интегративным подходом (Глава 2) для выбора для дальнейших исследований наиболее значимых с практической и научно-исследовательской точек зрения видов морепользования из числа выявленных и описанных в части 2; географических объектов (участки побережья южного берега с учётом местоположения хозяйственных кластеров, населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий (Главы 5,6); типичных подводных биотопов и фаций (Глава 7)), биологических объектов, относящихся к базовым трофическим уровням сообществ – продуцентам (Глава 8), консументам (Главы 9-11), редуцентам (Глава 12). Особое внимание при выборе биологических объектов уделено источникам экосистемных поддерживающих услуг (Главы 8,9) и наиболее существенных издержек (разделы 8.4, 9.1, 9.3); обеспечивающих услуг, а именно способность экосистемы к созданию и поддержанию рыбопродуктивности (Главы 10, 11).

Полевые исследования 2023 года были проведены в форме комплексной экспедиции в период с 28 июня по 9 ноября на прибрежных акваториях южного берега ВЧФЗ (рисунок 2.5 с указанием локальностей, обследованных в 2023 г.), в соответствии с идеологией интегративного подхода (рисунки 2.1, 2.2). Цели экспедиционных работ и последующей камеральной обработки материала:

– формирование базы фактографических данных по выбранным структурным показателям подводных ландшафтов и ключевых элементов биоты для последующей оценки функциональных показателей ключевых элементов, обеспечивающих соответствующие экосистемные услуги и издержки;

¹⁾ Проект программы ENPI CBC, действие которого предполагалось с 2019 по 2022 г., был приостановлен 24 февраля 2022 г. западной стороной программы в одностороннем порядке.

– продолжение моделирования пространственного распределения исходных (пример на рисунке 5.1Б), расчётных и интегральных (пример на рисунке 5.15) показателей.

С учётом результатов анализа основных подходов к оценке экосистемных услуг и издержек, имевшегося задела и геополитической обстановки (см. выше и ¹⁾) был намечен и реализован план полевых работ. В первоначальный план работ были внесены изменения, обусловленными административными ограничениями на работы с использованием БПЛА в береговой зоне Финского залива в 2023 г. Планировавшие с использованием БПЛА исследования ключевого в протекание процессов самоочищения водоёмов элемента биоты – зарослей прибрежной водной растительности были заменены на разрешённые работы с использованием других дистанционных методов. Вместо исследований с использованием БПЛА были проведены: аэрокосмические исследования другого ключевого элемента биоты – морских млекопитающих – одного из факторов прямого воздействия на формирование промысловой рыбопродуктивности, и, таким образом, соответствующей обеспечивающей экосистемной услуги (Глава 11), а также объекта природоохранной деятельности; на год ранее начаты геологические исследования подводных ландшафтов (Глава 7).

В программу экспедиции была включена апробация импортозамещающей экспресс-методики для оценки микробной компоненты водной среды, донных отложений, в биофлексах и бактериально-водорослевых корковых образованиях (Глава 12).

Сеть наблюдений и конкретные локальности отбора проб представлены на рисунке i. Сеть находится в стадии формирования, формируется с 2019 по принципу выравнивания и придания ей высокого разрешения порядка 1 км. В настоящее время разрешение сети приближается на части акватории к 1,5 км (рисунок 2.5., 5.1Б, рисунок i)). В состав сети входят также локальности в рыбохозяйственных (реки Луга, Выбья, Лужица, Хаболовка, Липовская протока, см. Главу 13) и искусственных (подводящие и отводящие каналы АЭС) водотоках (см. раздел 9.1, Главу 10).

Локальности, обследованные на этой сети в 2023 г., составляют 25% от общего количества обследованных за период 2019-2023 гг. Формирование сети будет продолжено и в два последующих этапа действия проекта. В 2023 г. натурные наблюдения за распределением планктонных и донных сообществ (ключевых биологических элементов - видов и экологических группировок) проведены на южном берегу восточной части Финского залива от комплекса

защитных сооружений (пресноводно-олигогалинные условия) до района Кургальского рифа (олигогалинные условия (рисунок 5.1 Б), в прибрежной зоне – от глубин менее 0,5 м до зоны бассейновой аккумуляции (алевропелитовые донные отложения на глубинах свыше 15 м) с охватом по вертикали участков с разнотипными гидрооптическими условиями, оцениваемыми по глубине прозрачности, определенной по диску Секки. Основным биологическим объектом наблюдений, как и предыдущие годы были донные экологические группировки – бентос и перифитон (рисунок iA) – наиболее долговременно существующие и устойчивые к действию большинства гидрологических факторов, компоненты, в состав которых входит большинство видов-эдификаторов, определяющих продукционные свойства и биофильтрационный потенциал ВЧФЗ.

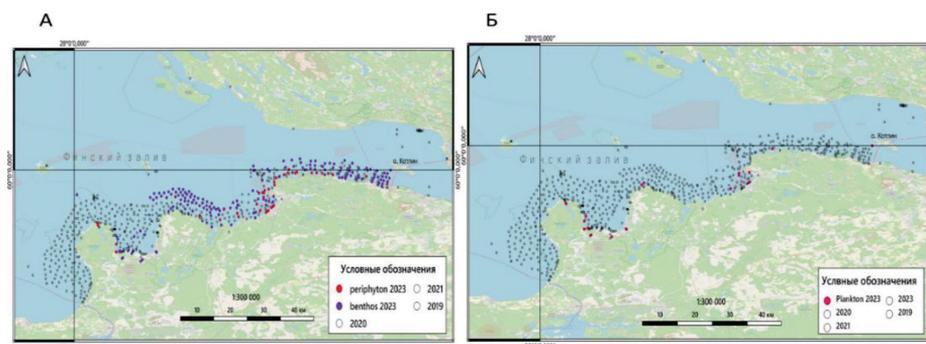


Рисунок i – Слой ГИС-проекта «Отбор проб», локальности донного пробоотбора – проб бентоса и перифитона (А) и планктонного – проб фитопланктона и зоопланктона (Б) в 2023 г.

Особенности проведенных полевых исследований.

Режим исследования основных биологических объектов. Исследования основных биологических объектов многолетних наблюдений – организмов планктона и бентоса проводили в ежегодном и интенсивном режиме.

Наблюдения в ежегодном режиме. Все локальности, на которых проведен отбор планктонных проб (рисунок iБ) обследуются с 2020 г. ежегодно (исключение составил 2022 год), в том числе на них проводятся донные пробоотборы и измерения сопутствующих параметров окружающей среды.

Интенсивные наблюдения. В период с 2019 по 2023 г. проводятся интенсивные (по возможности на ежемесячной/двухнедельной основе на протяжении вегетационного сезона (апрель-ноябрь)) наблюдения за планктоном и сопутствующими параметрами окружающей среды в Липовской протоке (локальность, описанная в разделе 8.1, 8.2 и 9.1). Это солоноватоводный водоток, соединяющий солоноватоводное Липовское озеро и Финский залив (Кургальский полуостров, пос. Курголово) (рисунок ii). Данный пункт

наблюдений расположен на территории Кургальского государственного заказника, на оконечности полуострова между Нарвским заливом и Лужской Губой, морская часть его имеет ограничения по доступу в связи с пограничным режимом, что позволяет рассматривать данный пункт как референтный для сравнения с техногенно-трансформированными и подверженными значительному воздействию рекреации участками залива, расположенными в Лужской и Копорской Губе в зоне воздействия портового и ядерного кластеров, жилой застройки (Глава 6). Краткая физико-географическая характеристика этого водотока имеется в разделе 8.1.

Для оценки состояния фитопланктона (разделы 8.1, 8.2) использованы материалы, собранные в интенсивном режиме в 2019 г. в рамках проекта ER 55.

С 2023 г. возобновлены регулярные наблюдения в искусственных солоноватоводных водотоках АЭС (разделы 8.2, 9.1) в рамках партнёрского соглашения с ЛАЭС. В силу изменения режима водопользования (вывод из эксплуатации двух блоков и частичный переход объекта на воздушно-капельное охлаждение), в 2023 г. такие наблюдения проводились в подводящем и сбросном канале второй очереди электростанции.

Меропланктон – ключевой биологический объект интенсивных наблюдений, представляющий собой расселительные стадии чужеродных донных беспозвоночных (двустворчатые моллюски *Dreissena polymorpha*, *Mytilopsis leucophaeata*, усоногих ракообразных *Amphibalanus improvisus*, покрыторотой мшанки *Plumatella geimermassardi*) – источников биопомех, а также видов, способных формировать качество воды залива (все те же виды и двустворчатый моллюск *Rangia cuneata*, многощетинковый червь *Marenzelleria sp.*). Сведения о распределении и сезонной динамике меропланктона, сформированного этими видами в 2023 г., полученные в результате исследования собранных проб зоопланктона, приведены в подразделе 9.1.

Данный тип наблюдений в составе интегративного подхода предназначен также и для раннего выявления новых элементов фауны и флоры залива, проверки надежности прогнозов потенциальных вселений, оценки расселения натурализовавшихся теплолюбивых видов на участки залива с естественным термическим режимом, чего следует ожидать в силу предполагаемых изменений климата (в сторону потепления) и в силу постепенной адаптации и экспансии таких видов за пределы первичного очага (как правило отеплённая часть Копорской Губы).



Рисунок ii – Липовская протока (локальность LuNa-1) – основной референтный пункт интенсивных наблюдений

Исследования планктонных и донных экологических группировок гидробионтов проводили с использованием контактных и дистанционных методов. Помимо гидробиологического точечного (контактного) пробоотбора (с использованием батометров (фитопланктон), планктонных сетей (зоопланктон), дночерпателей (рисунок iii – фото слева в верхнем ряду – элемент захватывающей части коробчатого дночерпателя, опущенного на дно) (бентос – сообщества мягких грунтов) и ручного легкоодолазного метода (перифитон – сообщества каменистых и смешанных грунтов), проведено пробное акустическое сканирование дна (Глава 7 с подробным описанием оборудования и методики) и подводное и надводное фотодокументирование (рисунок iii).



Рисунок iii – Примеры подводного (выполнено аквалангистами) и надводного (выполняется сборщиком проб) фотодокументирования, сопровождающего натурные наблюдения за состоянием донных группировок водных беспозвоночных в 2023 г.

Плавсредства. Обследование акватории, по причине её мелководности и геологического строения, проводили с маломерных судов с низкой осадкой и моторных лодок, зарегистрированных в Государственной инспекции маломерных судов, пригодных для перевозок на автомобильном прицепе (при обследовании малодоступных с моря участков). Наглядно ознакомиться с этими типами плавсредств можно по ранее снятым видеороликам, находящимся в открытом доступе по ссылкам:

– <https://youtu.be/jlqURP3iPss> – версия на русском языке;

– <https://youtu.be/uPMgoTy5gyQ> – version in English.

Детали подходов и конкретные методики выполнения отдельных блоков полевых работ (геологическому, геоботаническому, ихтиологическому, камеральной обработке гидробиологических проб) описаны в соответствующих главах и разделах части 3.

ГЛАВА 7. ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ МЕЛКОВОДЬЯ ФИНСКОГО ЗАЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭХОЛОТА С ФУНКЦИЕЙ ЛОКАЦИИ БОКОВОГО ОБЗОРА HUMMINGBIRD SOLIX 10 SI+ G3

**Д.С. Дудакова^{1,2)}, В.М. Анохин¹⁾, М.И. Орлова²⁾*

¹⁾Институт озераведения РАН, обособленное подразделение ФГБУН Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН Санкт-Петербург, Россия

²⁾ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

**e-mail: judina-d@yandex.ru*

ВВЕДЕНИЕ

Гидроакустическое сканирование дна водоемов становится одним из важнейших методов проведения ландшафтно-экологических исследований в связи с увеличившейся доступностью технических средств, пригодных для проведения подобных работ. Одним из наиболее удобных средств для выполнения подводных обзорных и картографических работ является гидролокатор бокового обзора (ГЛБО). Комплекс аппаратуры, совмещенный с ГЛБО, в частности GPS – приемник, портативный компьютер, блок дешифрования приходящего акустического сигнала, позволяет получать площадное изображение дна в реальном времени (сонограмму). Акустические изображения ГЛБО являются удобным средством для картирования донных ландшафтов, выделения их фациальной структуры, проведения границ между отдельными фациями (биотопами) (Глава 2). Современные сонарные изображения позволяют различать отдельные объекты на дне, что дает возможность оценивать локальное загрязнение донных ландшафтов твердыми бытовыми отходами при оценке степени влияния антропогенной деятельности в прибрежной зоне. Комплексный анализ получаемых акустических данных, совмещенных с результатами подводной видеосъемки и аэрофотосъемкой прибрежной зоны, а также с данными геологического пробоотбора, гранулометрического анализа и имеющихся вариантов геологических ландшафтных карт, позволяет проводить исследования как в разных масштабах, так и с различной степенью детализации и получать точные и информативные данные для картирования и интерпретации биологических данных.

Задачами данного исследования были первичные рекогносцировочные исследования южного побережья восточной части Финского залива, на акваториях, расположенных на разнотипных участках, включая те, что могут быть впоследствии использованы как референтные, и на ключевых – из числа

примыкающих к транспортно-логистическому (Лужская Губа) и ядерному (Копорская Губа) кластерам Ленинградской области.

7.1. Материал и методы

В 2023 г. с 28 июня по 9 ноября было обследовано 10 участков (далее полигонов) для изучения изменчивости донных ландшафтов в пределах береговой зоны южной части Финского залива на глубинах от 1,5 до 10,0 м с использованием метода дистанционного зондирования – гидроакустических исследований дна с помощью гидролокатора бокового обзора (ГЛБО) (Рис. 7.1).

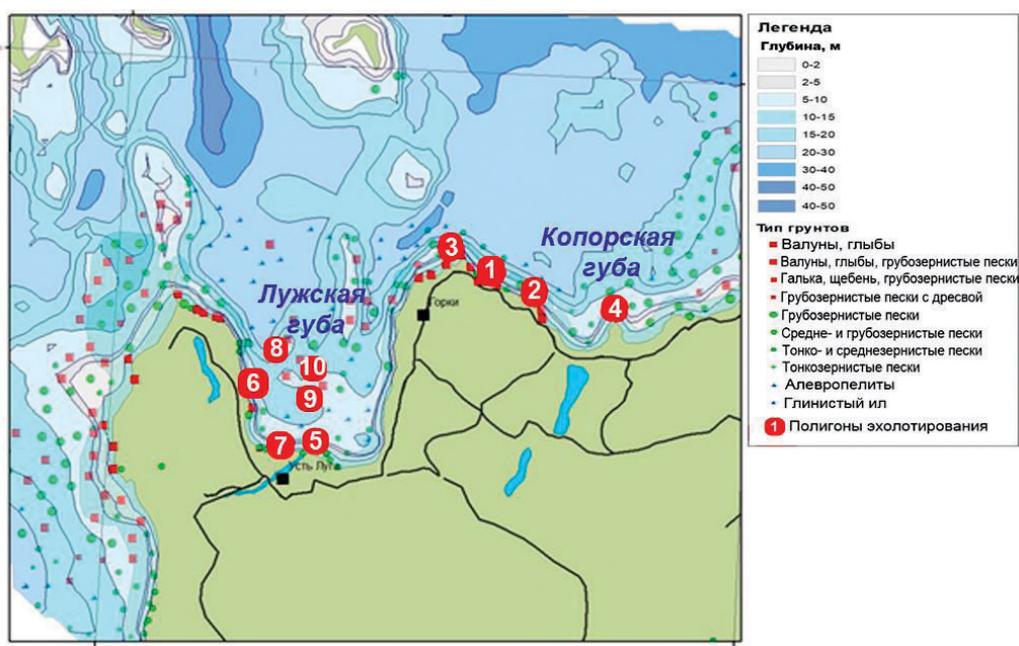


Рисунок 7.1 – Места расположения полигонов ландшафтных исследований с применением ГЛБО в южной части Финского залива в 2023 г.

Использовали эхолот с функцией локации бокового обзора Hummingbird SOLIX 10 SI+DI+G3. В данном устройстве задействованы технологии сонара Dual Spectrum CHIRP, Mega Down Imaging+ и Mega Side Imaging+. Частота сонара 83/200/455/800/1200 kHz. Мощность 1000/8000 (PTR) Ватт. Имеется система i-Pilot Link для подключения мотора Minn Kota, Ethernet-порт, NMEA 2000. Для целей позиционирования встроен высокоточный GPS приемник мощностью 10 Гц. В приборе имеется поддержка навигационных карт Navionics + и AutoChart Live.

Полевые работы проведены на полигонах площадью 500 на 500 м. При осуществлении эхосканирования с помощью ГЛБО закладывали серию галсов (продольных и поперечных) в пределах обследуемого полигона с расстоянием между ними порядка 20-50 м в зависимости от диапазона глубин с учетом необходимости перекрывания полей бокового сканирования на получаемых эхограммах и получения данных замеров глубин для построения батиметрических карт. В процессе постобработки получали сонарные профили при сшивке с эхограмм нижнего луча и мозаики изображений с эхограмм бокового обзора. Для построения батиметрических моделей использовали программу Surfer 13. Для работы с цифровыми картографическими материалами применяли программу ArcMAP 8.0. Отстроенные мозаики эхограмм бокового обзора привязывали по угловым координатам в Google Earth, измерительные инструменты которого применяли для различных линейных и площадных оценок.

При работе по созданию цифровой модели ландшафтов изучаемой акватории была использована ретроспективная информация, которая заимствована из литературных и фондовых источников, снята с различных карт и привязана к системе координат Пулково-1942 (Рис.7.2 – 7.3). По этим данным составлены: рабочая батиметрическая модель (Рис. 2.12); рабочая картосхема подводных ландшафтов. При формировании батиметрической модели рельефа дна исходная информация по глубинам получена из комплекта батиметрических карт Финского залива (сайт <https://da-fish.ru>), обладающих координатной сеткой, по которой с использованием программы ArcMAP версии 8.0 привязывали растровые изображения и далее определяли координаты точек замера глубин. Используются карты глубин Финского залива: от Кронштадта до маяка Шепелевский; от мыса Колганпя до маяка Стирсудден; от мыса Колганпя до острова Готланд. Полученные данные по глубинам с координатной привязкой позволяют в программах ArcMAP и Surfer создавать батиметрические карты, объемные модели и разрезы дна по линиям одиночных профилей.

При составлении рабочей картосхемы подводных ландшафтов помимо батиметрической модели были привлечены данные сайта цифровых карт ВСЕГЕИ, (Государственная..., 2002).

7.2. Результаты

Большая часть исследованных полигонов располагалась в мелководной прибрежной зоне, где литологические условия характеризовались присутствием большой доли крупнообломочного материала в донных отложениях и преобладанием грубозернистых песков. По батиметрическим характеристикам имелись некоторые различия между полигонами. Полученные батиметрические схемы и трехмерные модели полигонов приведены на рисунке 7.4.

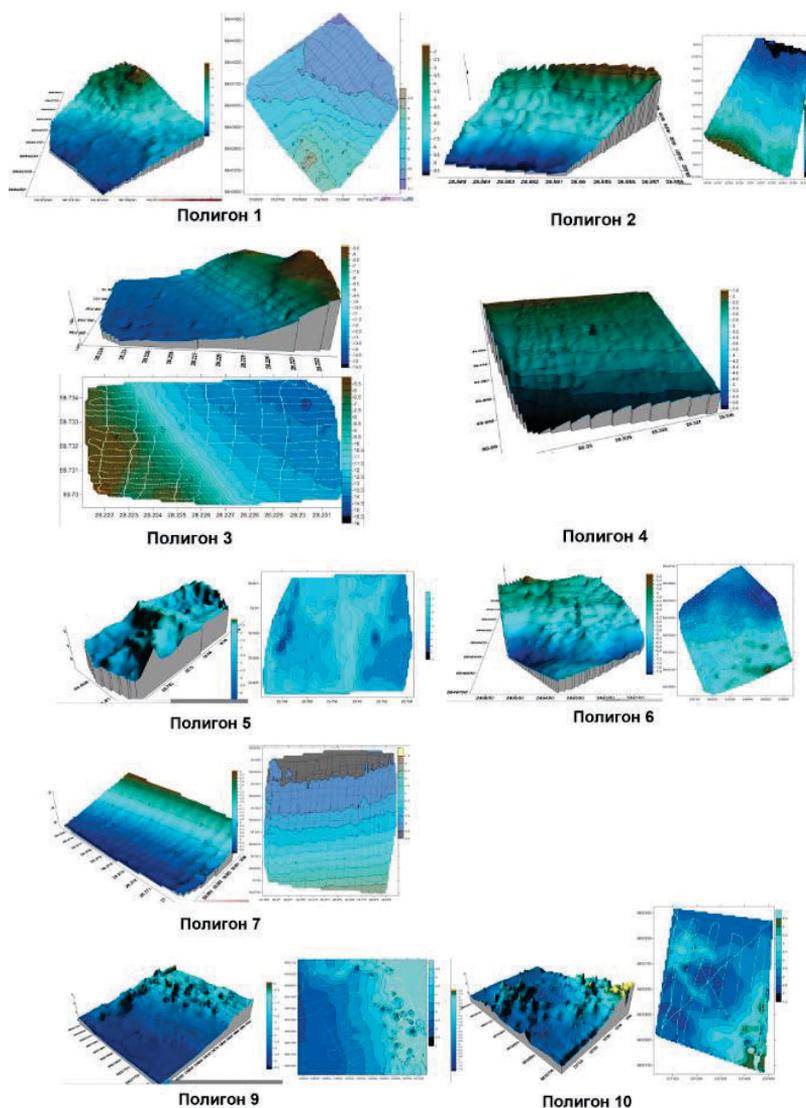


Рисунок 7.4 – Батиметрические схемы и 3D модели исследованных полигонов южной части Финского залива

По результатам проведенной работы построена мозаика изображений бокового обзора для Полигона 2 (Рис. 2.14). Данный полигон располагался в западной части Копорской губы на диапазоне глубин от 1,5 до 10 м. Анализ отдельных элементов и наложение батиметрических данных на полученную мозаику позволили выделить два отдельных фациальных участка (по литологии в качестве ключевого признака) в пределах всего полигона (Рис. 2.15). Для первой фации, согласно полученным сонарным изображениям, характерно преобладание крупнообломочного материала (включая валуны размером до 1 м), отдельные участки, занятые песчаными отложениями в промежутках между крупновалунными отложениями, простирались до 50 м и занимали порядка 20-25% площади (Рис. 2.14 А). Вторая фация, начинающаяся с глубин порядка 6,5 м, занимала часть полигона, сложенную главным образом песчаными отложениями; очень небольшую долю занимали щебень, галька.

При работе с первичными картографическими материалами была построена предварительная ландшафтная картосхема на основании созданной цифровой модели с выделением предполагаемых ландшафтов акватории (Рис. 2.13). На данный момент в качестве ключевых признаков, определяющих выделение ландшафтов, является геоморфологический и литологический. В последующие годы исследований предполагается верификация ландшафтной схемы и получение подробных данных по каждому элементу.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных в 2023 г. работ:

- был получен фактический материал в виде сонарных записей ГЛБО и батиметрических данных с геопривязкой для 10 полигонов Копорской, Лужской губы и мелководного района Финского залива;
- составлен комплект батиметрических схем и 3D модели исследованных полигонов;
- отработана методика обработки эхограмм и создания мозаик ГЛБО;
- на примере одного из полигонов проведено исследование структуры донного ландшафта и выделены предполагаемые фации, которые требуется дополнить фактическими биологическими данными для создания первичной картосхемы ландшафтов изучаемого участка акватории Финского залива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Государственная геологическая карта РФ м-ба 1:200000, лист О-35-V: Литологическая карта поверхности дна акватории Финского залива, м-ба 1:200000, Геоморфологическая схема, м-ба 1:500000. Издание второе. Ильменская серия. ред. Якобсон К.Э. ГП ПКГЭ, 2002.

УДК 504.73

ГЛАВА 8. ПОЛЕВЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУППИРОВОК ОРГАНИЗМОВ ПЕРВОГО ТРОФИЧЕСКОГО УРОВНЯ

ВВЕДЕНИЕ

В состав главы, характеризующей первый трофический уровень сообществ различных участков Финского залива, включены три раздела, подготовленные по результатам натуральных наблюдений, выполненных в 2019 году: два – преимущественно на участках интенсивных (в течение вегетационного сезона) наблюдений (разделы 8.1 и 8.2) и третий – в ходе рекогносцировочного обследования ассоциаций макрофитов южного берега ВЧФЗ (раздел 8.3). Эти экологические группировки автотрофных организмов на естественных и техногенно-трансформированных участках южного побережья, в том числе в районе ядерного кластера Ленинградской области и основного транспортно-логистического кластера – могофункционального порта Усть-Луга, формируют ряд экосистемных услуг комплексного – обеспечивающего и средообразующего характера (способность экосистемы к формированию рыбопродуктивности через создание нерестовых и нагульных угодий; способность системы самоочищению и формированию качества воды).

Как следует из результатов работ (разделы 8.1 – 8.3), существенный вклад в видовое разнообразие фитопланктона и разнообразие донных растительных ассоциаций вносят зелёные водоросли и прокариотные организмы – цианобактерии. Последние, обладая гетеротопностью, способны быстро осваивать пелагические и прибрежные донные биотопы. Также в их числе регулярно регистрируются чужеродные виды. Водоемы бассейна Финского залива и сам залив не уникальны и демонстрируют проявление глобального тренда к возрастанию значения цианопрокариот в формировании видового разнообразия, функционирования экосистем, а также и экосистемных издержек,* например, общее ухудшение качества воды для водопользователей (рисунки 5.8-5.10), риск угроз для здоровья человека и безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений, водного транспорта), полного выведения из рекреационного использования отдельных акваторий и побережий ** (рисунок 5.10).

* Л. Г. Корнева, А.Н. Шаров, С. И. Сиделев, А. А. Зубишина, Н. Г. Медведева, Г. А. Лазарева. «Цветение» воды цианобактериями и методы борьбы с их массовым развитием: учебное пособие / – Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2023. – 258 с.

** В. И. Сухаревич, Ю. М. Поляк Глобальное распространение цианобактерий: причины и последствия (обзор). Биология внутренних вод, 2020, No 6, с. 562–572.

В связи с глобальными и региональными тенденциями в трансформации первого трофического уровня в части доминантных групп, все более актуальным становится развитие систем защиты и средств предупреждения массового развития цианобактерий в водоемах, особенно небольших и мелководных. Поэтому глава содержит и небольшой четвертый раздел с описанием экспериментального исследования по применению ультразвуковых устройств для сдерживания цианопрокариотного цветения пока для небольших водоемов бассейна Финского залива (раздел 8.4).

УДК 581.526.325:574.52 (261.243)

8.1. Характеристика фитопланктона солоноватоводной Липовской протоки (Финский залив, Балтийское море)

Ланге Е.К.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
e-mail: evlange@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Фиксируемое в последние десятилетия потепление климата способствует расширению ареала распространения теплолюбивых видов гидробионтов, в том числе альгофлоры, в высокие широты. В Балтийском море виды-вселенцы понто-каспийского и североамериканского происхождения закономерно расселяются из его южной части в северные районы, в частности, в восточную часть Финского залива. Среди цианобактерий к потенциальным вселенцам относятся сравнительно теплолюбивые и галофильные виды рода *Anabaenopsis*, инвазия которых вероятнее всего начинается с мелководных пресноводно-олигогалинных акваторий залива (Экосистема..., 2008).

Ледникового происхождения Липовское озеро (площадь 0.53 км²) с одноименной протокой (ранее р. Силеме, длина 2 км, ширина 0.1 км), впадающей в Финский залив, единственные солоноватоводные объекты на его водосборной территории, расположены на южном побережье залива в северной части Кургальского полуострова. Сведений о состоянии фитопланктона указанных водоемов в литературе не встречено.

Цель данной работы – исследование структуры весенне-летнего фитопланктона Липовской протоки и поиск новых видов-вселенцев из числа микроводорослей.

8.1.1. Материал и методика

Исследование фитопланктона Липовской протоки проводилось в мае-августе 2019 г., в 1,6 км от ее устья (ст.¹⁾ 19-GFLuna-1) (рис. 8.1).

Собранные пробы фитопланктона и результаты измерений абиотических параметров предоставлены СПбНЦ РАН. Пробы воды объемом 0.5 л отбирали с моста батометром в поверхностном горизонте и фиксировали раствором Люголя с добавлением формалина и уксусной кислоты (Руководство..., 1992).

¹⁾ Ст. – станция наблюдения.



Рисунок 8.1 – Карта-схема расположения Липовской протоки. Звездочкой указано местоположение станции отбора проб

Пробы концентрировали методом седиментации. Счет организмов совершался в камере Нажотта объемом 0.02 мл под микроскопом в проходящем свете при увеличении $\times 256$ и $\times 640$. Биомассу фитопланктона рассчитывали счетно-объемным методом (HELCOM, 1988). Использована номенклатура водорослей и формулы расчета индивидуальных объемов, принятые в программе международного мониторинга Балтийского моря (ICES. Data portals..., 2019). К доминирующим относили виды и группы водорослей, составляющие более 10 % общей биомассы фитопланктона.

До середины июня температура воды поверхностного слоя в протоке (13.3-14.8 °C) не преодолела рубежа в 15 °C – начало летнего сезона в Балтийском море (Гидрометеорология..., 1994). В остальные сроки, вплоть до середины августа, температура воды достигла летних значений (16.4-19.2 °C) с максимумом в последней декаде июля. По солености воды протоки относились к олигогалинным, величина солености не опускалась ниже 3.49 ‰ с максимумом 3.99 ‰ в середине августа.

8.1.2 Результаты и обсуждение

Таксономический состав

Всего за период наблюдений в мае-августе в фитопланктонном сообществе Липовской протоки обнаружено 72 таксона микроводорослей рангом ниже рода из 9 систематических групп: цианобактерий (Cyanophyta) – 28, диатомовых (Bacillariophyceae) – 15, динофитовых (Dinophyta) – 10, зеленых (Chlorophyta) –

9, криптофитовых (Cryptophyta) – 4, харовых (Charophyta) и золотистых (Chrysophyceae) – по 2, примнезиевых (Primnesiophyceae) и эвгленовых (Euglenophyta) – по 1 таксону.

Встреченные представители альгофлоры были характерны для осолоненных районов восточной части Финского залива. Наряду с пресноводными и индифферентными видами вегетировали солоноватоводные и морские формы: цианобактерия *Nodularias pumigena* Mertens ex Bornet & Flahault; криптофитовые *Teleaulax amphioxeia* (W.Conrad) D.R.A.Hill, *Plagioselmis prolunga* Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall; динофитовые *Amphidinium crassum* Lohmann, *Dinophysis acuminata* Clap. & Lachm., *Oblea rotunda* (Lebour) Balech ex Sournia, *Heterocapsa rotundata* (Lohmann) Gert Hansen, *Peridiniella catenata* (Levander) Balech, *Protoperidinium brevipes* (Paulsen) Balech; золотистая *Pseudopedinella* spp.; диатомовые *Actinocyclus octonarius* Ehr., *Chaetoceros minimus* (Levander) D. Marino, G. Giuffre, M. Montresor & A. Zingone, *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin, *Pauliella taeniata* (Grun.) Round & Basson, *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve); эвгленовые *Eutreptiaella* spp.; зеленые прازیнофитовые *Pyramimonas* spp.

В период исследования таксономическое разнообразие фитопланктоценозов протоки (α -разнообразие) варьировало от 14 до 30 (рис. 8.2), в среднем – 22 ± 3 таксона/проба.

Отмечена значимая положительная связь между α -разнообразием фитопланктона и величиной температуры поверхностного слоя воды, коэффициент корреляции Спирмена (R_s) составил 0.83 ($n=6$, $p<0.05$), что указывало на приоритетную вегетацию в летнем сезоне теплолюбивых форм микроводорослей, активно реагирующих на температурные колебания. Так, максимальное число таксонов зеленых равно 8 отмечено 27.06.2019 г. при температуре 18.1 С (рис. 8.2, 8.3), в остальные сроки – 1-4 таксона при температуре воды не выше 16.7 °С. Исключение составил фитопланктоценоз протоки 20.07.2019 г. с 3 таксонами зеленых при прогреве воды до 19.2 °С (рис. 8.2).

Кроме температурного режима, на вегетацию, в основном, галофобных зеленых и их видовое разнообразие, также влиял соленосный режим. В конце июня при минимальной для периода наблюдений в 2019 г. солености воды 3.4 ‰ отмечено максимальное таксономическое разнообразие зеленых (рис. 8.2, 8.3), в остальные сроки, включая дату наибольшего прогрева воды в конце июля, более высокие значения солености ингибировали вегетацию представителей зеленых.

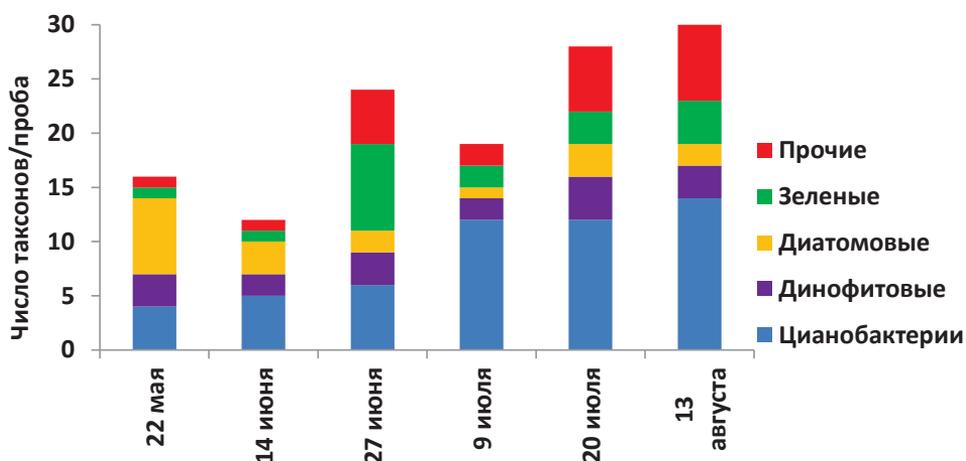


Рисунок 8.2 – Таксономическое разнообразие фитопланктона в Липовской протоке в 2019 г.

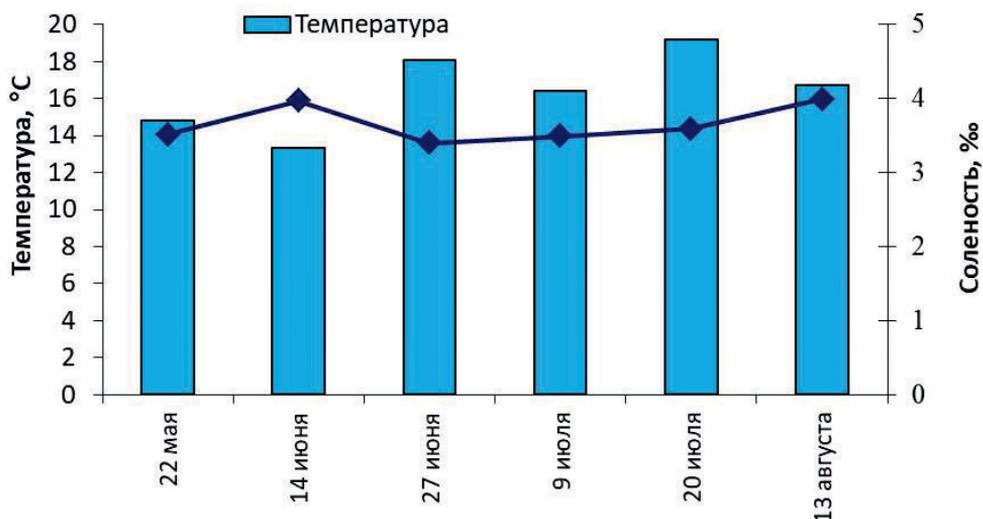


Рисунок 8.3 – Изменение температуры и солености поверхностного слоя воды в Липовской протоке в 2019 г.

Таксономическое разнообразие цианобактерий было выше в 2 раза в июле-августе (12-14 таксонов/проба) по сравнению с более ранними сроками (рис. 8.2). Вегетирующие в протоке виды этой группы предпочитали температуру и соленость воды выше 16 °С и 3.4 ‰ соответственно (рис. 8.2, 8.3).

Доминанты

Биомассу фитопланктона в разные сроки преимущественно формировали диатомовые и эвгленовые (май), динофитовые (середина июня, июль-август) и цианобактерии (конец июня-начало июля, середина августа) (рис.8.4).

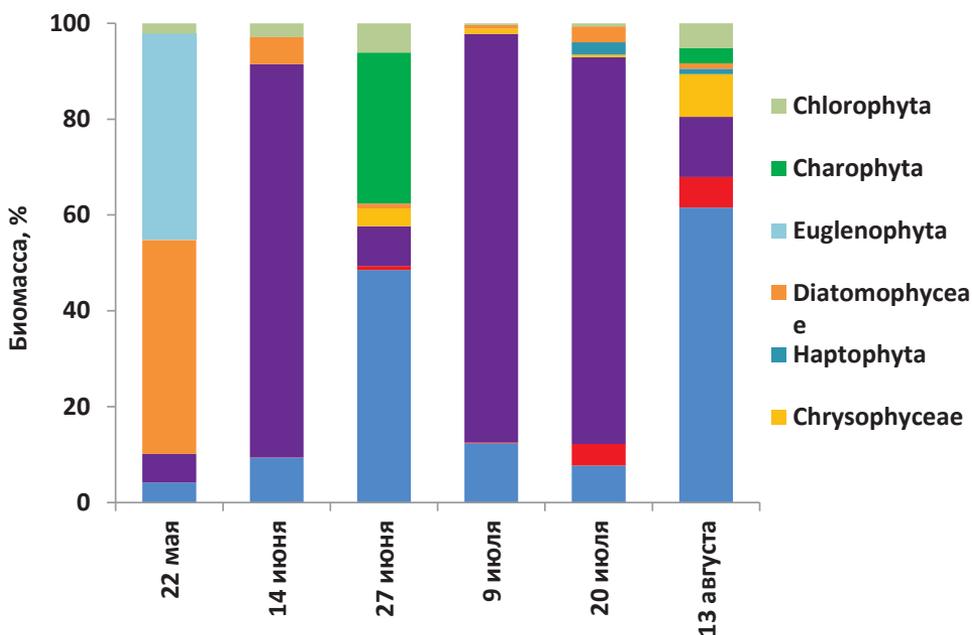


Рисунок 8.4 – Относительная биомасса систематических групп фитопланктона в Липовской протоке в 2019 г.

В протоке комплекс доминантов составляли те же сезонные виды альгофлоры, что и в восточной части Финского залива. Так, в последней декаде мая (температура воды 14.8 °С) в фитопланктоне по биомассе доминировали виды *Diatoma tenuis* С. Agardh, *Thalassiosira* spp., *Eutreptiella* spp., встречающиеся среди доминантов в разных районах залива (Макарова, 1997) (табл. 8.1). В середине июня в планктоне преобладала гетеротрофная морская динофлагеллята – *Oblea rotunda* (весенний доминант в Копорской губе и Нарвском заливе в 2018-2019 гг.). С повышением температуры в конце июня появлялись летние доминанты – потенциально токсичные азотфиксирующие нитчатые цианобактерии *Aphanizomenon flosaquae* и *Dolichospermum flosaquae*, вызывающие цветение воды в Балтики в позднелетний период (Kononen, 1992). В августе доминировали цианобактерии порядка Oscillatoriales, включая потенциально токсичную *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, летнего доминанта фитопланктона районов Финского залива с соленостью ниже 4 ‰ (Терешенкова, 2006; Никулина, 2008; Ланге и др., 2016; Basova, Lange, 1998).

Таблица 8.1 – Доминанты фитопланктона и их обилие в Липовской протоке в 2019 г.

Дата	Таксон	N, тыс.кл./л	B, мг/м ³
22.05	<i>Thalassiosira spp.</i> (д)	46	296
	<i>Diatoma tenuis</i> (д)	280	101
	<i>Eutreptiella spp.</i> (э)	680	399
14.06.	<i>Oblea rotunda</i> (дн)	100	1 084
27.06	<i>Aphanizomenon flosaquae</i> (ц)	2 292	346
	<i>Dolichospermum flosaquae</i> (ц)	5 390	353
	<i>Spirogyra sp.</i> (х)	8	491
09.07	<i>Karlodinium veneficum</i> (дн)	3 080	3 480
20.07	<i>Karlodinium veneficum</i> (дн)	2 320	2 622
13.08	<i>Planktothrix agardhii</i>	1 344	106
	<i>Oscillatoriales gen. sp.</i> #3 мкм	3 850	109
	<i>Karlodinium veneficum</i> (дн)	165	203

Примечание: ц – цианобактерии, д – диатомовые, дн – динофитовые, э – эвгленовые, х – харовые

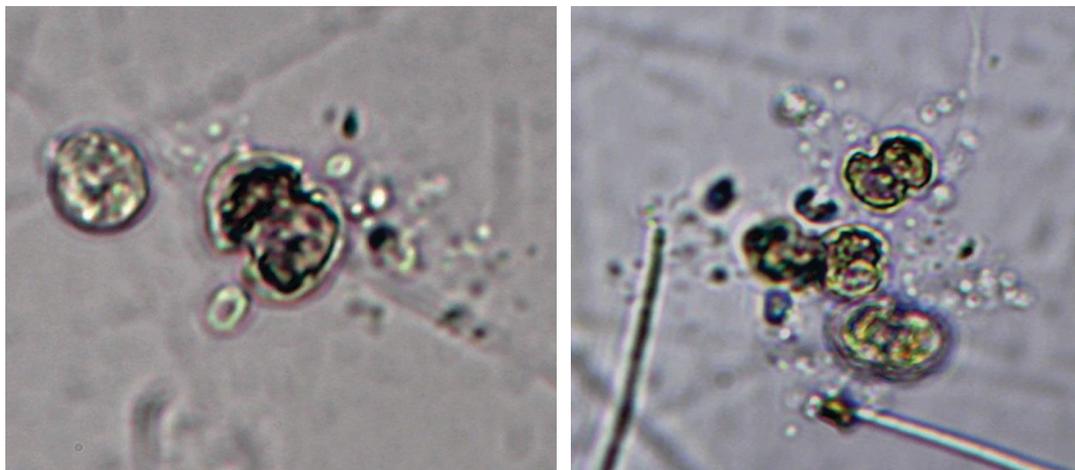


Рисунок 8.5 – Динофитовая *Karlodinium veneficum* в фитопланктоне Липовской протоки в 2019 г. (размер: 10-13x12-15 мкм)

Особенностью сезонной динамики фитопланктона в Липовской протоке стала массовая вегетация и доминирование в июле-августе потенциально токсичной динофлагелляты *Karlodinium veneficum* (D. Ballantine) J. Larsen с максимумом обилия в июле (3 млн.кл./л, 3.5 г/м³) (рис. 8.5), способное продуцировать сильнодействующие карлотоксины, вызывающие гибель рыб, моллюсков, зоопланктона, особенно в мелководных прибрежных водах и в устьях рек с низкой соленостью. В Балтике гибель рыбы от карлотоксинов *K. veneficum* впервые зафиксирована в 2016 г. в Финском заливе у берегов Финляндии (вблизи Ersöströmmen), где численность водоросли достигла более

10 млн.кл./л (https://www.syke.fi/en-US/Current/Press_releases). Цветение *K. veneficum* в акватории Липовской протоки в июле 2019 г., находящейся под влиянием вод восточной прибрежной зоны Финского залива, отмечено впервые. До недавнего времени ни в восточной части Финского залива, ни на ее водосборной территории указанная динофлагеллята не регистрировалась.

В августе 2019 г. *K. veneficum* продолжала доминировать в фитопланктоне протоки, но с меньшим обилием. Наряду с ней преобладали также нитчатые цианобактерии порядка Oscillatoriales, включая потенциально токсичную *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek (табл. 8.2), которая является позднелетним доминантом в фитопланктоне заливов второго порядка, мелководного и внутреннего глубоководного районов восточной части Финского залива (Терешенкова, 2006; Никулина, 2008; Ланге и др., 2016; Basova, Lange, 1998).

Таблица 8.2 – Описательные статистики биомассы (мг/м³) фитопланктона в Липовской протоке в 2019 г.

Месяц	Среднее±SE	Мин.	Мак.	Медиана
Май	925	-	-	-
Июнь	1 523±156	1 367	1 679	1 523
Июль	3 706±383	3 323	4 089	3 706
Август	719	-	-	-
Май-Август	2 017±560	719	4 089	1 523

Биомасса

В период исследования 2019 г. продуктивность фитопланктона (биомасса) Липовской протоки варьировала по месяцам с пиком вегетации в июле (4.1 г/м³) (табл. 8.2). В среднем за весь период исследования биомасса составила 2.0±0.6 г/м³. Структура и уровень вегетации фитопланктона были сравнимы с таковыми в Копорской губе в те же сроки 2019 г. (см. след. раздел данной главы). Это соответствовало и ранее полученным аналогичным данным для различных районов восточной части Финского залива.

Виды-вселенцы

В середине августа в фитопланктоне протоки было обнаружено два новых для восточной части Финского залива теплолюбивых видов-вселенцев рода *Anabaenopsis* – *A. cf. circularis* и *A. cf. cunningtonii* (рис. 8.6) с низкой биомассой, не более 0.05 г/м³. Оба вида планктонных, обитают в озерах и водохранилищах, в основном в тропических регионах, Каспийском море и летом в теплых ареалах Европы.



Anabaenopsis cf. circularis (3x10 μm)

Anabaenopsis cf. cunningtonii (3-4x7,5-10 μm)

Рисунок 8.6 – Виды-вселенцы из цианобактерий рода *Anabaenopsis* в фитопланктоне Липовской протоки в 2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В весенне-летнем сезоне 2019 г. таксономическая структура и уровень количественного развития фитопланктона в Липовской протоке были сравнимы с таковыми в Копорской губе в те же сроки, и соответствовало ранее полученным аналогичным данным для различных районов восточной части Финского залива. Всего за время исследования в фитопланктоне протоки встречено 72 таксона микроводорослей из 9 систематических групп. В комплекс доминантов вошло 10 таксонов из диатомовых, динофитовых, цианобактерий и эвгленовых. В среднем биомасса микроводорослей составила 2.0 ± 0.6 г/м³ с максимумов в июле 4.1 г/м³. Отличительной особенностью было превалирование в позднелетнем сезоне потенциально токсичной динофлагелляты *Karlodinium veneficum*. Кроме того, в августе в фитопланктоне были обнаружены новые для восточной части Финского залива теплолюбивые виды-вселенцы рода *Anabaenopsis*. Исходя из полученных результатов, можно заключить, что в условиях изменения климата солоноватоводные объекты побережья Финского залива, находящиеся под влиянием морских вод, можно рассматривать в качестве места первичного вселения чужеродных видов альгофлоры.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает признательность д.б.н. М.И. Орловой за организацию и проведение экспедиций в Финском заливе, сбор фитопланктонных проб и получение гидрофизических данных. Отбор и обработка проб фитопланктона в ВЧФЗ в 2019 г. финансировались Программой приграничного сотрудничества Эстония-Россия проектом «Adrienne», анализ полученных данных проведен по теме госзадания ИО РАН № FMWE-2021-0007.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Гидрометеорология и гидрохимия морей (Проект «Моря СССР»). 1994. СПб.: Гидрометеоздат, Т. 3: Балтийское море. Вып. 2: Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. 436 с.
- Ланге Е.К., Еремина Т.Р., Ершова А.А., Исаев А.В. 2016. Влияние термогалинного режима на структуру позднелетнего фитопланктона восточной части Финского залива Балтийского моря // Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Морские биологические исследования: достижения и перспективы». Севастополь, 19–24 сентября 2016 г. Т. 2. Севастополь: Изд-во «ЭКОСИ-Гидрофизика». С. 335-338.
- Макарова С.В. 1997. Видовой состав и количественные характеристики фитопланктона // Проблемы исследования и математического моделирования экосистемы Балтийского моря. Вып.5. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Ч.2 Гидрометеорологические, гидрохимические, гидробиологические, геологические условия и динамика вод Финского залива. СПб.: Гидрометеоздат. С. 354–365.
- Никулина В.Н. 2008. Фитопланктон эстуария реки Невы // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 76-95.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. 1992. СПб.: Гидрометеоздат. 318 с.
- Терешенкова Т.В. 2006. Сравнительная характеристика летнего фитопланктона Выборгского залива, Лужской и Копорской губ, пролива Бьеркезунд и Мелководного района восточной части Финского залива // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. Вып. 331. Т. 1. С. 37–85.
- Basova S. L., Lange E.K. 1998. Trends in late summer phytoplankton in the Neva Bay and eastern Gulf of Finland from 1978 to 1990 // Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica, V. 74 (1). P. 1-14.
- ICES. Data portals. Download PEG Biovolume. – URL: <http://www.ices.dk/marine-data/dataportals/Pages/DOME.aspx> (дата обращения 20.08.2019).
- HELCOM, Baltic Marine Environmental Protection Commission - Helsinki Commission 1988. Guidelines for the Baltic Monitoring Programme for the third stage; Part D. Biological Determinands. 27 D. 161 p.
- Kononen K. 1992. Dynamics of the toxic cyanobacterial blooms in the Baltic Sea // Finnish Marine Research. V. 261. P. 1–36.
- URL: https://www.syke.fi/en-US/Current/Press_releases/Last_summers_fish_kill_was_caused_by_a_t38306 (дата обращения: 02.12.2022).

УДК 581.526.325:574.52+621.311.25 (261.243)

8.2. Влияние теплового загрязнения на показатели фитопланктона в зоне ЛАЭС в Копорской губе (Финский залив, Балтийское море)

Ланге Е.К.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

e-mail: evlange@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

В системе охлаждения атомных и тепловых электростанций используется вода из специально организованных водоемов-охладителей на основе природных или искусственно созданных водных объектов. Одним из факторов влияния на водную экосистему при эксплуатации подобных электростанций является тепловое загрязнение водной среды от сбросных вод. Повышение температуры может ускорять биохимические процессы в водной среде и способствовать ее эвтрофикации, стать причиной изменения сообществ гидробионтов и рыбного населения, включая их структуру и динамику развития (Егоров и др., 2002; Каплан и др., 2015: разделы 9.1, 9.3).

Реакция фитопланктонного сообщества на тепловое загрязнение может выражаться в удлинении сроков вегетационного сезона, в изменении таксономического разнообразия, структуры доминантного состава и продукционных показателей, способности к самоочищению в зоне влияния сбросных вод, что, в свою очередь, во многом определяет функционирование всей водной экосистемы водоема-охладителя (Лунева, 2014; Беляева, 2019; Бегун, Масленников, 2021).

В цикле охлаждения Ленинградской атомной электростанции (ЛАЭС), расположенной на восточном побережье Копорской губы Финского залива, используется морская вода из акватории губы. До модернизации ЛАЭС (постепенный переход на охлаждение большими испарительными градирнями) годовой расход охлаждающей воды превышал условный объем Копорской губы (2.8 км³) примерно в 2 раза (Кулаков и др., 2015), тем самым, ЛАЭС могла и, вероятно, продолжает иметь определяющее значение в формировании гидродинамического, гидрохимического и гидробиологического режимов водной экосистемы природного водоема-охладителя.

Цель данного раздела – оценить состояние фитопланктона в зоне возможного влияния ЛАЭС в Копорской губе в 2019 г. в период трансформации системы охлаждения.

8.2.1. Материал и методика

В июне-сентябре 2019 г. исследование фитопланктона в Копорской губе проведено в двух локациях – в подводящем канале ЛАЭС-1 (ст. 19-GFKop-28) и в отводном канале ЛАЭС-2 (ст. 19-GFKop-18) (рис. 8.7). Собранные пробы фитопланктона и результаты измерений абиотических параметров предоставлены СПбНЦ РАН. Отбор проб фитопланктона и дальнейший их анализ проводился в соответствии с методиками, принятыми в Роскомгидромете, и с рекомендациями HELCOM (Руководство..., 1992; HELCOM, 1988) (подробнее см. статью Е.К. Ланге в данном сборнике). Таксономический состав фитопланктона определялся в процессе обработки количественных проб. Номенклатура водорослей соответствовала принятой в программе международного мониторинга Балтийского моря (ICES. Data portals..., 2019).

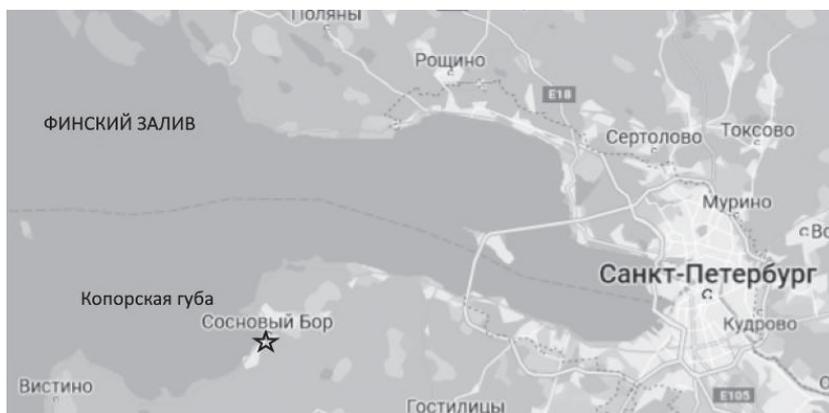


Рисунок 8.7 – Карта-схема расположения Копорской губы. Звездочкой указано местоположение станций отбора проб

Примечание: В июне-сентябре 2019 г. воды в поверхностном слое в подводящем канале ЛАЭС-1 характеризовались естественным температурным режимом – 11.2-20.4 °С; в отводном канале ЛАЭС-2 величина температуры была выше – 20.0-27.2 °С; превышающей естественные значения примерно на 7 °С; максимум температуры воды в подводящем канале соответствовал минимуму в отводном; соленосный режим на обоих участках был сходным, величина солености в период исследования варьировала в пределах 2.3-3.62 ‰.

8.2.2. Результаты и обсуждение

Таксономический состав

В период исследований в 2019 г. всего в фитопланктоне Копорской губы встречено 94 таксона микроводорослей из 8 систематических групп: цианобактерий (Cyanophyta) – 29, диатомовых (Bacillariophyceae) – 22, зеленых (Chlorophyta) – 18, динофитовых (Dinophyta) – 12, криптофитовых (Cryptophyta) – 5, харовых (Charophyta) – 3, золотистых (Chrysophyceae) и

эвгленовых (Euglenophyta) – по 2, желтозеленых (Xanthophyceae) – 1 таксон.

Таксономический состав фитопланктона на обследованных участках акватории губы был типичным для летнего периода в данном районе восточной части Финского залива. Преобладали пресноводные виды и индифференты, наряду с которыми отмечены солоноватоводные и морские формы: цианобактерия *Nodularias pumigena* Mertens ex Bornet & Flahault; криптофитовые *Teleaulax amphioxeia* (W.Conrad) D.R.A.Hill, *Plagioselmis prolunga* Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall; динофитовые *Dinophysis acuminata* Clap. & Lachm., *Oblea rotunda* (Lebour) Balech ex Sournia, *Heterocapsa rotundata* (Lohmann) Gert Hansen, *Heterocapsa triquetra* (Ehr.), *Protoberidinium granii* (Ostf.) Balech; золотистая *Pseudopedinella* spp.; диатомовые *Actinocyclus octonarius* Ehr., *Chaetoceros subtilis* Cleve, *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin, *Pauliella taeniata* (Grun.) Round & Basson, *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve); эвгленовая *Eutreptiaella* spp.; зеленая прازیнофитовая *Pyramimonas* spp.

Таксономическое разнообразие фитопланктоценозов (α -разнообразии) сравниваемых участков Копорской губы вблизи ЛАЭС варьировало от 10 (июнь) до 37 (август) (рис. 8.8), в среднем – 23 ± 3 таксона/проба.

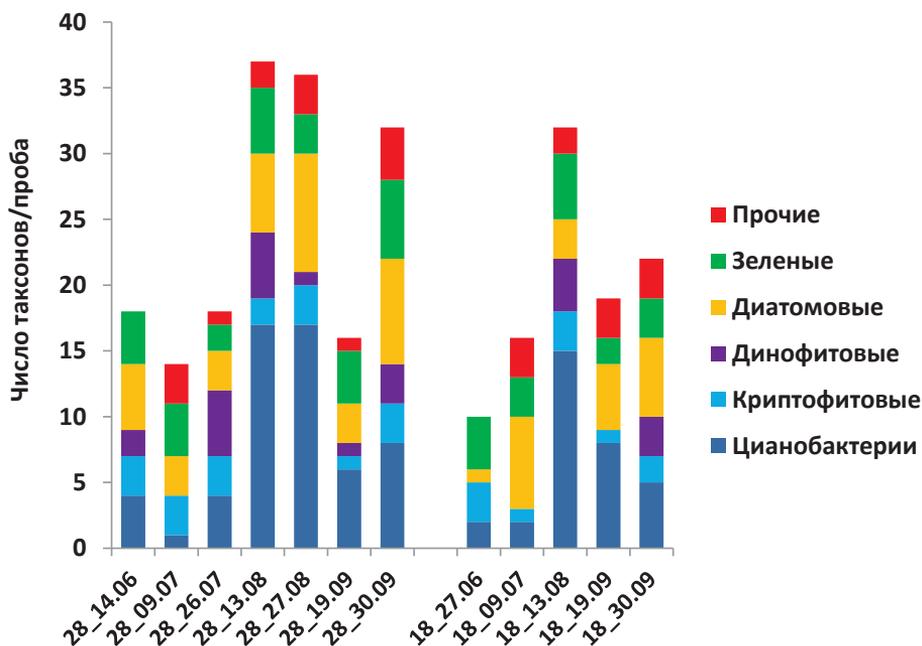


Рисунок 8.8 – Таксономическое разнообразие фитопланктона в зоне ЛАЭС в Копорской губе в 2019 г. (название станций без аббревиатуры «19-GFКор-», через нижнее подчеркивание – дата отбора пробы)

На фоне сезонных изменений температуры в подводящем канале (ст. 19-GFКор-28) отмечено увеличение α -разнообразия фитопланктона в августе в

среднем в 2 раза при температуре 18.5-20.4 °С по сравнению с таковыми в другие даты отбора, когда температура не поднималась выше 16.7 °С. При прогреве воды отмечено скачкообразное увеличение числа таксонов цианобактерий с 4 в июне-июле до 17 таксонов в августе. В сентябре наблюдалось снижение общего числа таксонов в 2 раза (19.09.2019 г.) и, вновь, увеличение до летнего максимума к концу месяца (32 таксона) (рис. 8.8). В последней декаде сентября вода в подводящем канале охладилась до 13 °С, происходила постепенная элиминация теплолюбивых формы фитопланктона, в том числе цианобактерий, число таксонов которых сократилось до 6-8.

В отводном канале (ст. 19-GFKop-18) в течение всего периода температура воды соответствовала летнему сезону (не ниже 20 °С). В то же время, максимум α -разнообразия фитопланктона (33 таксона) за счет вклада цианобактерий (16 таксонов) был отмечен только в августе, когда в фитопланктоне губы появилось большее число теплолюбивых видов (рис. 8.8). Возможно, в остальные сроки вегетацию летних форм альгофлоры лимитировали биогенные элементы.

8.2.3. Доминанты

В период исследований в 2019 г. всего обнаружено 24 доминирующих по биомассе таксона микроводорослей (табл. 8.3). Из них 17 % составляли виды фитобентоса, случайные планктонные формы. Естественные сезонные изменения структуры доминантного комплекса и биомассы фитопланктона без техногенной трансформации после использования природной воды в охладительной системе ЛАЭС прослеживаются в подводящем канале на ст. 19-GFKop-28 (табл. 8.3, 8.4). Сравнение доминантов за четыре одинаковых даты отбора проб (9.07, 13.08, 19.09 и 30.09. 2019) в подводящем (11) и отводном каналах (13 таксонов), обнаружило 8 общих таксонов. Величина коэффициента видового сходства Серенсена (K_S) составила 0.67, что указывало на изменение структуры доминантного комплекса при прохождении через систему охлаждения ЛАЭС. За весь период исследования в 2019 г. доминанты фитопланктона в сравниваемых каналах имели сходство того же уровня: $K_S = 0.65$.

Таблица 8.3 – Доминанты фитопланктона и их обилие в зоне ЛАЭС в Копорской губе в 2019 г.

Станция 2019 г.	19-GFKop-28			19-GFKop-18		
	Таксон	N, тыс.кл. /л	B, мг/м ³	Таксон	N, тыс.кл. /л	B, мг/м ³
14.06.	<i>Oblea rotunda</i> (дн)	215	2734			
	<i>Diatoma tenuis</i> (д)	5120	1842			

Продолжение таблицы 8.3

Станция 2019 г.	19-GFKop-28			19-GFKop-18		
27.06.				<i>Aph. flosaquae</i> (ц)	2194	331
				<i>Teleaulax amphioxeia</i> (к)	460	78
09.07	<i>Aphanizomenon flosaquae</i> (ц)	78	12	<i>Aph. flosaquae</i> (ц)	285	43
	<i>Tribonema affine</i> (жз)	104	29	<i>T. affine</i> (жз)	74	20
				<i>Melosira moniliformis</i> (д)	6	38
				<i>Gyrosigma attenuatum</i> (д)	0,5	21
				<i>Diatoma vulgare</i> (д)	12	21
				<i>Mougeotia spp.</i> (х)	2	27
26.07	<i>Cryptomonas curvata</i> (к)	37	79			
	<i>Skeletonema costatum</i> (д)	917	235			
	<i>Skeletonema subsalsum</i> (д)	332	83			
	<i>Mougeotia spp.</i> (х)	109	160			
13.08	<i>Planktothrix agardhii</i> (ц)	13292	1044	<i>P. agardhii</i> (ц)	3700	291
	<i>Jadwigia hiemalis</i> (дн)	36	523	Oscillatoriales gen. sp.#3 мкм (ц)	6658	188
	<i>M. moniliformis</i> (д)	12	404	<i>Aph. flosaquae</i> (ц)	943	142
	<i>Pyramimonas spp.</i> (з)	4220	1013	<i>Pyramimonas spp.</i> (з)	1140	274
27.08	<i>Aph. flosaquae</i> (ц)	632	95			
	<i>Nodularia spumigena</i> (ц)	295	112			
	<i>Mougeotia spp.</i> (х)	165	203			
19.09	<i>Pseudanabaena spp.</i> #2 мкм (ц)	21313	268	<i>Pseudanabaena spp.</i> #2 мкм (ц)	19875	250
	<i>Woronichinia compacta</i> (ц)	9300	140	<i>C. closterium</i> (д)	680	341
	<i>Actinocyclus octonarius</i> (д)	4	119			
	<i>Cylindrotheca closterium</i> (д)	360	181			
30.09	<i>S. subsalsum</i> (д)	987	246	<i>Pseudanabaena spp.</i> #2 мкм (ц)	5903	92
				<i>W. compacta</i> (ц)	3440	52
				<i>S. subsalsum</i> (д)	715	178

Примечание: ц – цианобактерии, д – диатомовые, дн – динофитовые, к – криптофитовые, з – зеленые, х – харовые, жз – желтозеленые

Таблица 8.4 – Описательная статистика биомассы (мг/м³) фитопланктона в зоне ЛАЭС в Копорской губе в июне-сентябре 2019 г.

Станция	N	Среднее ±SE	Мин.	Мак.	Медиана
19-GFKop-28 подводящий канал	7	1698±702	66	4793	811
19-GFKop-18 отводной канал	5	690±209	188	1318	465
Всего	12	1278±431	66	4793	765

В целом состав комплекса доминантов фитопланктона исследованного участка акватории Копорской губы соответствовал таковому в летне-раннеосеннем сезоне в районах восточной части Финского залива с соленостью не выше 3-4 ‰, в том числе заливам второго порядка, к которым относится рассматриваемая акватория (Макарова, 1997; Лаврентьева и др., 1999; Никулина и др., 1999; Никулина, 2008; Шилин и др., 2013; Ланге и др., 2016; Basova, Lange, 1998).

В середине июня при температуре воды 11.2 °С в фитопланктоне в массе вегетировал и доминировал характерный для весеннего фитопланктона Копорской губы и ряда других районов восточной части Финского залива вид диатомовых (Макарова, 1997) – *Diatoma tenuis* C. Agardh (табл. 8.3). Другим доминантом в эти же сроки стала гетеротрофная морская динофлагеллята – *Oblea rotunda*, отмеченная среди руководящих видов в Нарвском заливе в июне 2018 г. Вид имеет широкое распространение, например, в Северном море встречается с февраля по ноябрь с наибольшим обилием в июле-сентябре (Hoppenrath et al., 2009). Указанная водоросль может развиваться и в мелководных солоноватоводных гиперэвтрофных небольших водоемах типа прудов (Chomerat et al., 2004). В таком пруду на юге Франции весной при температуре воды 13 °С численность *O. rotunda* достигала 100 тыс.кл./л после цветения ранней весной диатомеи *Cylindrotheca closterium* и динофитовой *Heterocapsa rotundata*.

Из цианобактерий в числе доминантов в разные сроки оказались нитчатые потенциально токсичные виды: *Aphanizomenon flosaquae* (максимум 0.33 г/м³) и *Planktothrix agardhii* (1.04 г/м³), а также токсичная *Nodularia spumigena* (0.11 г/м³). Это, например, согласуется с данными состояния позднелетнего фитопланктона восточной части Финского залива, полученными в ходе комплексных исследований РГГУ (Санкт-Петербург) в 2002-2015 гг. на 14-29 станциях/год (Ланге и др., 2016). В июле-августе указанного периода в мелководном и глубоководном районе залива в эвфотной зоне равной трем прозраностям в фитопланктоне также доминировали цианобактерии. При этом развитие характерных для Балтийского моря азотфиксирующих видов этой

группы (*Aphanizomenon*, *Nodularia*, *Dolichospermum*) (Finni et al., 2001) не было массовым, в среднем по районам их суммарная биомасса варьировала по годам от 0.01 до 0.95 г/м³. Во всех исследованных районах залива чаще других превалировал *Aph. flosaquae* с наибольшей биомассой до 0.31±0.05 г/м³ в 2012, 2013 и 2015 гг., когда температура поверхности воды не поднималась выше 18-19 °С. Напротив, при прогреве воды в среднем до 23 °С в 2011 и 2014 гг. наблюдалась слабая вегетация *Aphanizomenon* (до 0.03±0.01 г/м³). В 2011-2015 гг. между биомассой *Aphanizomenon* и поверхностной температурой существовала обратная связь, коэффициент корреляции Спирмена составил -0.56 (p<0,05; n=95). Во внешнем глубоководном районе в отдельные годы в числе доминантов оказывались *Nodularia* и *Dolichospermum*. Кроме того, в мелководном и внутреннем глубоководном районе периодически доминировала *P. agardhii*, распространение которой в Финском заливе ограничено соленостью 3.5-4 ‰ (Макарова, 1997; Трифонова, 2006; Никулина, 2008; Kononen, 1992). Наименьшие значения максимальной биомассы этого вида (не более 0.3 г/м³) отмечены в годы значительного осолонения вод в указанных районах залива в 2003, 2007, 2009 гг. (Ланге и др., 2016).

К характерным доминантам позднелетнего и осеннего фитопланктона восточной части Финского залива относились и другие виды, вошедшие в число лидеров в зоне ЛАЭС: зеленые *Mougeotia spp.* и *Pyramimonas spp.*, желтозеленая *Tribonema affine*, диатомеи *Actinocyclus octonarius*, *Cylindrotheca closterium*, *Diatoma tenuis*, виды рода *Skeletonema*, разноразмерные криптомонады.

Ставшие доминантами в зоне ЛАЭС в 2019 г. крупноклеточные диатомеи (*Melosira moniliformis*, *Gyrosigma attenuatum*) и *Diatoma vulgare* (табл. 8.3) относятся к условно планктонным видам, и попадают в толщу воды из фитобентоса. На обогащение фитопланктона бентосными диатомовыми из водозаборного тоннеля в системе охлаждения теплоэлектростанции указано и в работе (Бегун, Масленников. 2021).

Следует отметить среди доминантов в подводном канале на ст. 19-GFKop-28 (13.08.2019 г.) динофлагелляту *Jadwigia hiemalis* Moestrup in Moestrup & Calado (\equiv *Woloszynskia hiemalis* (Woloszynska) R.H. Thompson), вероятно попадающую в Копорскую губу со стоком рек. Так, в июле 2014-2015 гг. этот вид в массе вегетировал в фитопланктоне (биомасса до 8 г/м³) в нескольких водоемах и водотоках водосборного бассейна Копорской губы: оз. Калищенское и рр. Коваши, Систа.

8.2.4. Биомасса

Основу биомассы фитопланктона на обоих участках во все сроки, кроме 14.06 и 26.07.2019 г. на ст. 19-GFKop-28, обеспечивали цианобактерии (18-74% общего показателя). Диатомовые доминировали также во все даты отбора проб, за исключением 27.06 и 23.09.2019 г. на ст. 19-GFKop-18. Зеленые превалировали в фитопланктоне в июле-августе, желтозеленые – в начале июля, динофитовые – в середине июня и августа, криптофитовые – в конце июня-начале июля (рис. 8.9).

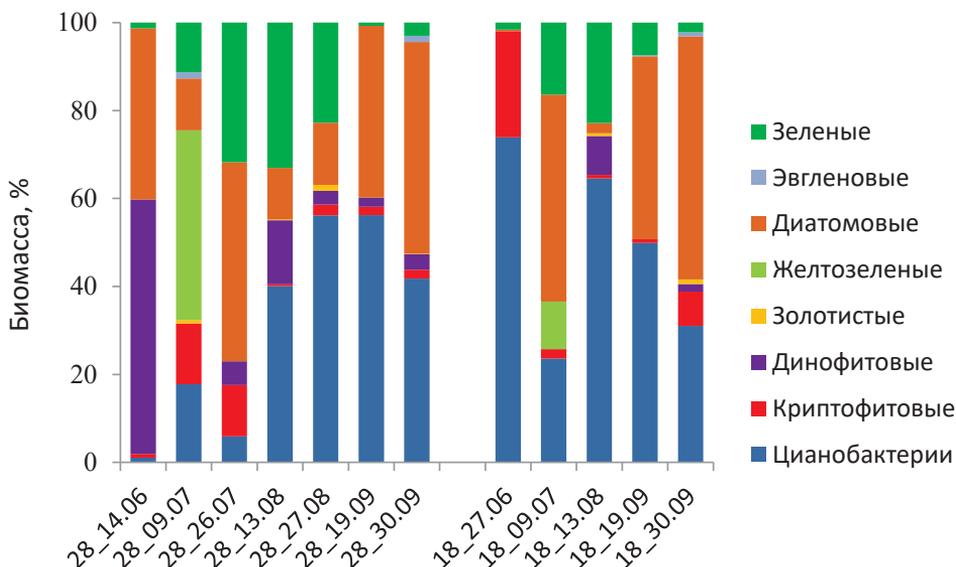


Рисунок 8.9 – Относительная биомасса систематических групп фитопланктона в зоне ЛАЭС в Копорской губе в 2019 г. (примечание см. рис. 8.2)

В июне-сентябре экстремумы величины биомассы фитопланктона на ст. 19-GFKop-28 различались в 73 раза, на ст. 19-GFKop-18 со слабо меняющимся температурным режимом – в 7 раз (табл. 8.4, рис. 8.10). В трех из четырех случаев параллельного отбора проб на двух сравниваемых станциях биомасса фитопланктона имела сходную величину, только 13.08 в подводящем канале она была выше в 3 раза (рис. 8.10). Максимум биомассы фитопланктона более 4 г/м³ зафиксирован в подводящем канале в июне и августе (рис. 8.10). Ранее превышение биомассы фитопланктона на порядок отмечалось в зоне влияния сбросных теплых вод ЛАЭС, но достоверность различий фиксировалась только в отдельные даты, поэтому, влияния на ход сезонной сукцессии в целом не наблюдалось (Никулина, Порхачева, 1980; Погребов и др., 1984, цит. по: (Терешенкова, 2006).

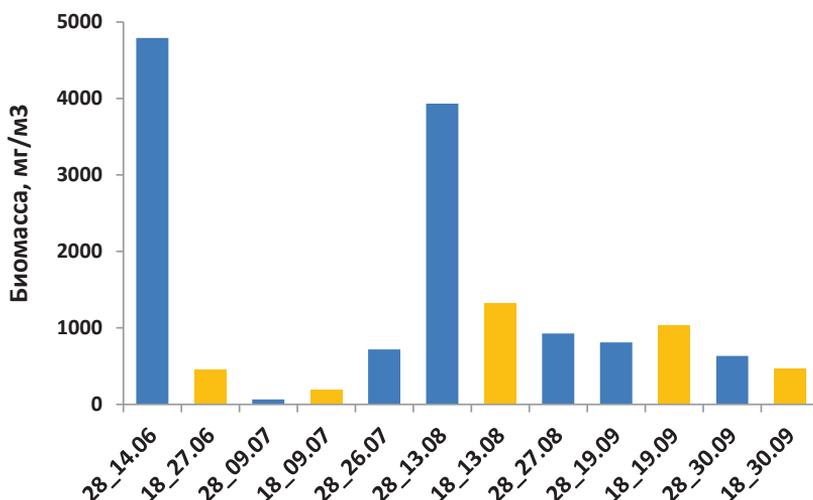


Рисунок 8.10. – Биомасса фитопланктона в зоне ЛАЭС в Копорской губе в 2019 г. (примечание см. рис. 8.2)

В целом в июне-сентябре 2019 г. в зоне ЛАЭС величина биомассы фитопланктона ($0.07-4.79$, в среднем 1.28 ± 0.43 г/м³) была характерна для данного района Финского залива и не выходила за пределы многолетних колебаний (Шишкин и др., 1989; Алимов и др., 1993; Макарова, 1997; Лаврентьева и др., 1999; Басова и др., 1999; Терешенкова, 2006; Vasova, Lange, 1998).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период исследований в 2019 г. всего в фитопланктоне Копорской губы вблизи ЛАЭС встречено 94 таксона микроводорослей из 8 систематических групп, из них в доминантный комплекс вошло 24 таксона (по 25 % цианобактерий и диатомовых). Структура таксономического состава фитопланктона в целом и комплекса доминантов исследованного участка акватории губы была аналогична таковой в летне-раннеосеннем сезоне в районах восточной части Финского залива с соленостью не выше 3-4 ‰. Среди доминантов в природной воде встречена динофлагеллята *Jadwigia hiemalis*, привносимая в акваторию губы со стоком рек Коваши и Систа.

Величина биомассы фитопланктона в зоне ЛАЭС в Копорской губе (в среднем 1.28 г/м³) не вышла за пределы многолетних колебаний таковой в данном районе Финского залива.

При прохождении природной воды в системе охлаждения ЛАЭС происходило изменение структуры доминантного комплекса микроводорослей, но достоверных различий в количественных показателях фитопланктона в подводящем и отводном каналах не наблюдалось.

БЛАГОДАРНОСТИ

Особую признательность автор выражает д.б.н. М.И. Орловой за организацию и проведение экспедиций в Финском заливе, сбор фитопланктонных проб и получение гидрофизических данных. Отбор и обработка проб фитопланктона в ВЧФЗ в 2019 г. финансировались Программой приграничного сотрудничества Эстония-Россия проектом «Adrienne», анализ полученных данных проведен по теме госзадания ИО РАН № FMWE-2021-0007.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Алимов А.Ф., Никулина В.Н., Панов В.Е., Телеш И.В., Финогорова Н.П. 1993. Гидробиологическая характеристика Невской губы Финского залива // Гидробиол. журн. Т. 29. № 3. С. 3–14.
- Басова С.Л., Ланге Е.К., Ковалева В.В. 1999. Характеристика Невской губы и мелководного района восточной части Финского залива по гидробиологическим показателям // Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 1998 году: Обзор / Под ред. А.С. Баева, Н.Д. Сорокина. СПб.: Сезам. С. 202–210.
- Бегун А.А., Масленников С.И. 2021. Влияние технической экосистемы электростанции (г. Владивосток) на фитопланктон Японского моря // Водные ресурсы. Т. 48. № 3. С. 297–306.
- Егоров Ю.А., Нигматулин Б.И., Суздалева А.Л., Тихомиров Ф.А. 2002. Оценка экологической безопасности АЭС России // Известия ТРТУ. № 6 (29). С. 19–30.
- Каплан Е.М., Шварц А.А., Лунева Е.В., Макушенко М.Е., Румынин В.Г. 2015. Трансграничный аспект оценки воздействия строящихся АЭС на водные экосистемы (на примере Балтийской АЭС) // Геоэкология. Инженерная геоэкология. Гидрогеология. Геокриология. № 4. С. 291–303.
- Кулаков Д.В., Макушенко М.Е., Верещагина Е.А. 2015. Влияние Ленинградской АЭС на зоопланктон и зообентос Копорской губы Финского залива // Водное хозяйство России №1. С. 42–54.
- Лаврентьева Г.М., Мещерякова С.В., Мицкевич О.И., Огородникова В.А., Сулопарова О.Н., Терешенкова Т.В. Гидробиологическая характеристика Выборгского залива, пролива Бьеркезунд, бухты Батарейной и Лужской губы (восточная часть Финского залива) // Финский залив в условиях антропогенного воздействия. СПб.: НИИХ СПбГУ. 1999. С.211–256.
- Ланге Е.К., Еремина Т.Р., Ершова А.А., Исаев А.В. 2016. Влияние термогалинного режима на структуру позднелетнего фитопланктона восточной части Финского залива Балтийского моря // Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Морские биологические исследования: достижения и перспективы». Севастополь, 19–24 сентября 2016 г. Т. 2. Севастополь: Изд-во «ЭКОСИ-Гидрофизика». С. 335–338.
- Лунева Е.В. 2014. Оценка влияния атомных электростанций России на экосистемы водоемов-охладителей // Известия КГТУ. №34. С. 20–33.
- Макарова С.В. 1997. Видовой состав и количественные характеристики фитопланктона // Проблемы исследования и математического моделирования экосистемы Балтийского моря. Вып.5. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Ч.2 Гидрометеорологические, гидрохимические,

гидробиологические, геологические условия и динамика вод Финского залива. СПб.: Гидрометеиздат. С. 354–365.

- Никулина В.Н. 2008. Фитопланктон эстуария реки Невы // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 76–95.
- Никулина В.Н., Порхачева Н.А. 1980. Фитопланктон Копорской губы Финского залива в зоне сброса подогретых вод // Трофические связи пресноводных беспозвоночных. Л. С. 134–146.
- Никулина В.Н., Трифонова И.С., Летанская Г.И., Павлова О.А. 1999. Фитопланктон // Финский залив в условиях антропогенного воздействия. СПб. С. 107–138.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. 1992. СПб.: Гидрометеиздат. 318 с.
- Погребов В.Б., Рябова В.Н., Громова Г.В., Лутова Е.В. 1984. Планктонные организмы как биологические индикаторы нарушений температурных характеристик водной среды (на примере планктона прибрежной зоны Финского залива) / Биол. индикация в антропоэкологии. Материалы 2 Всесоюз. совещ. по космической антропоэкологии. Л.: Наука. С. 126–132.
- Терешенкова Т.В. 2006. Сравнительная характеристика летнего фитопланктона Выборгского залива, Лужской и Копорской губ, пролива Бьеркезунд и Мелководного района восточной части Финского залива // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. Вып. 331. Т. 1. С. 37–85.
- Шилин М.Б., Коузов С.А., Ланге Е.К., Литвинчук Л.Ф., Лукьянов С.В., Максимов А.А. 2013. Результаты комплексных экспедиционных исследований на акватории создаваемого государственного природного заповедника «Ингерманландский» // Ученые записки РГГМУ. № 35. С. 7–30.
- Шишкин Б.А., Никулина В.Н., Максимов А.А., Силина Н.И. 1989. Основные характеристики биоты вершины Финского залива и ее роль в формировании качества воды. Л.: Гидрометеиздат. 95 с.
- Basova S. L., Lange E.K. 1998. Trends in late summer phytoplankton in the Neva Bay and eastern Gulf of Finland from 1978 to 1990 // Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica, V. 74 (1). P. 1–14.
- Finni T., Kononen K., Olsonen R., Wallström K. 2001. The history of cyanobacterial blooms in the Baltic Sea // *Ambio*. V. 30, no. 4–5. P. 172–178.
- ICES. Data portals. Download PEG Biovolume. – URL: <http://www.ices.dk/marine-data/dataportals/Pages/DOME.aspx> (дата обращения 20.08.2019).
- HELCOM, Baltic Marine Environmental Protection Commission - Helsinki Commission 1988. Guidelines for the Baltic Monitoring Programme for the third stage; Part D. Biological Determinands. 27 D. 161 p.
- Chomérat N., Coute A., Fayolle S., Mascarell G., Cazaubon A. 2004. Morphology and ecology of *Oblea rotunda* (Diplopsalidaceae, Dinophyceae) from a new habitat: a brackish and hypertrophic ecosystem, the E' tang de Bolmon (South of France) / *Eur. J. Phycol.* 39. P. 317–326.
- Hoppenrath M., Elbrächter M., Drebes G. 2009. Marine phytoplankton. Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. – *Kleine Senckenberg-Reihe*. 49. 264 p.
- Kononen K. 1992. Dynamics of the toxic cyanobacterial blooms in the Baltic Sea // *Finnish Marine Research*. V. 261. P. 1–36.

8.3. Водная и прибрежно-водная растительность южного берега восточной части Финского залива

**Л. В. Жакова¹⁾, М.И. Орлова²⁾*

¹⁾Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия

²⁾Санкт-Петербургский Научный Центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

**e-mail: luba_zhakova@mail.ru;*

ВВЕДЕНИЕ

Макрофиты – обитающие в воде сосудистые растения, макроводоросли и водные мхи – одни из важнейших компонентов экосистем прибрежных мелководий. Заросли настоящей водной (гидрофитной) и воздушно-водной (гелофитной) растительности (далее – НВР и ВВР соответственно) оказывают разнонаправленное воздействие на прибрежные экосистемы. Они аккумулируют биогенные элементы, главным образом азот и фосфор, делая их недоступными для водорослей; и, тем самым, снижают их бурное развитие, предотвращая интенсивную эвтрофикацию прибрежных мелководий. Вместе с тем, массовое отмирание самой водной растительности приводит к увеличению трофности. Большинство видов макрофитов хорошо заметны и довольно легко идентифицируются, поэтому изучение структурно-динамических и эколого-функциональных особенностей флоры водных макрофитов позволяет оценить экологическую обстановку в исследуемой части водоёма. В связи с этим, целью данной работы в 2019 году были мониторинговые исследования и оценка состояния зарослей макрофитов на южном берегу Восточной части Финского залива.

В процессе работы были поставлены следующие задачи: выявление таксономического состава доминирующих формаций водных сосудистых растений, обитающих на мелководьях в воде до глубины 0,6 м и вдоль береговой линии; определение степени зарастания станций; визуальная оценка ярусности сообществ; обилия видов и проективного покрытия доминирующих сообществ; определение морфометрических параметров и биомассы доминирующих видов.

8.3.1. Материал и методика

Исследование макрофитов проведено на 11 станциях в типичных биотопах южного берега Восточной части Финского залива в августе-сентябре 2019 г. (табл. 8.5, рис. 8.11).

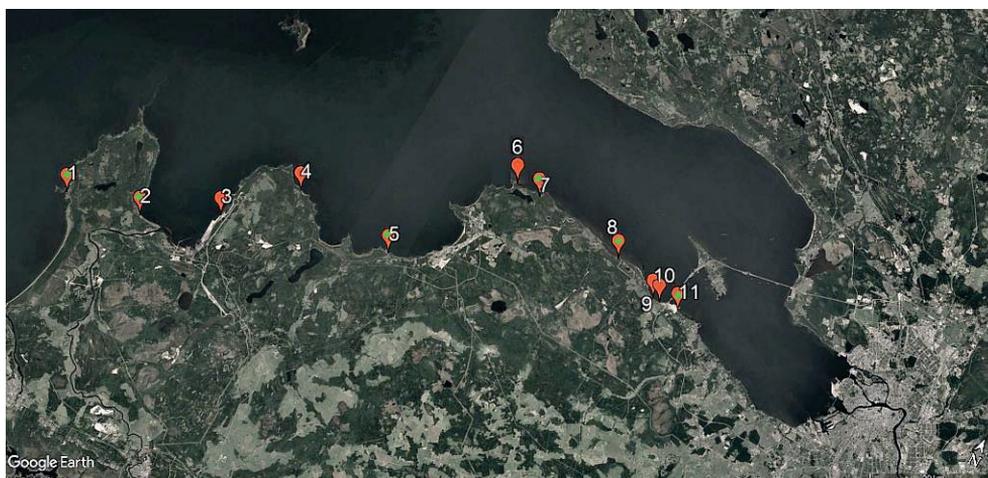


Рисунок 8.11 – Карта-схема расположения станций и локальных площадок, обследованных в 2019 г. Красными метками указано местоположение станций с описанием водной растительности, зелёными точками – места отбора количественных проб на локальных площадках

Описание растительности проведено по общепринятой методике геоботанических исследований водной растительности (Катанская, 1981) путём маршрутного исследования. Учитывали травянистые сосудистые растения непосредственно в воде, на уресе воды или в зоне периодического затопления, дополнительно учитывали наличие зарослей тростника на пляжах выше уреза воды. Также в список вошли прибрежные растения, регулярно встречающиеся в фитоценозах ВВР в зоне регулярного подтопления. В сообществах НВР отмечали визуально заметные группы макроводорослей и плавающих водных мхов.

На каждой станции выявляли видовой состав и проводилось описание растительности на выделенных в характерном месте локальных учётных площадках (далее ЛП), имеющих размеры 5-20 м в длину (в зависимости от характера зарослей) вдоль берега и приблизительно 5-10 м в ширину (в зависимости от уклона дна) от уреза воды до глубины 0,6 м. На шести ЛП был выполнен сбор проб для определения количественных структурных характеристик видов и сообществ. Координаты станций и ЛП приведены в таблице 8.5. Флору оценивали для всей станции. В многоярусных зарослях учёт растений проводили по ярусам отдельно. Численность макрофитов определяли пересчётом числа экземпляров растений или их побегов на единицу площади, у столонных или неприкреплённых растений численность учитывали по мере возможности выделить единичную особь. Определение сырой биомассы (bw ww) осуществляли взвешиванием отдельных особей с точностью до 0,5 г. Количественный учёт макрофитов проводили в доминирующих сообществах

ВВР при помощи квадратной рамки 0,25x0,25 м, в сообществах НВР – кольца диаметром 0,2 м в 4-8 повторностях (в зависимости от однородности зарослей). При описаниях отмечали наличие в зарослях ВВР прибрежных и сорных видов.

Проведена фотосъёмка растений и сообществ. Встречаемость для каждого вида оценена по пяти классам константности (КК) по Браун-Бланке. Показатели обилия водных видов на ЛП и доля участия в ПП на ЛП оценивали визуально в соответствии с семибалльной шкалой Браун-Бланке. Названия видов макрофитов приведены по: (Иллюстрированный определитель..., 2006) или в соответствии с принятыми на сайте <http://www.plantarium.ru/>; водорослей – по <https://www.algaebase.org/>.

Семейства, роды и виды в семействах расположены по алфавиту. Распределение видов по экологическим группам проведено с учётом рекомендаций (Папченков, 2001).

Выделенные ярусы: А – над поверхностью воды, С – в толще воды и на дне, 0 – плавающие на поверхности воды; подъярусы: 1 – высокорослые, 2 – среднерослые, 3 – низкорослые или придонные.

Собранный материал был просмотрен, измерен и взвешен в сыром виде в лаборатории. В процессе обработки количественных проб выявлен видовой состав основных сообществ, определены средние структурные морфометрические характеристики (длина побега (L, см) и абсолютно-сухая фитомасса (bm_{aw} , г) видов и их численность (N, экз.), которую оценивали только для видов ВВР и крупнолистных рдестов. У мелколистных видов НВР и харовых водорослей выделить из общей массы в пробе отдельные особи в большинстве случаев не представлялось возможным, оценивали только общий вес пробы и визуально долю отдельных видов в пробе. Расчёт воздушно-сухой фитомассы производили с использованием коэффициентов, полученных при высушивании на воздухе сырых проб, для каждого вида; расчёт bm_{aw} и продукции (P) видов и сообществ подсчитаны в соответствии с общепринятыми формулами и коэффициентами (Катанская, 1981).

Водолазные и гидробиологические исследования не проводились, поэтому глубина исследования на большинстве станций ограничена 0,6 м.

Таблица 8.5 - Местонахождение, координаты и характеристика биотопа по типу грунта, антропогенной нагрузке и прибойности на ЛПП, обследованных в 2019 г.

№ Л П	Местонахождение	Дата 2019 г.	Координаты North/East	Грунты	Тип антропогенной нагрузки	Прибойность	Глубина, м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Нарвский залив, д.Гакково	20.08	59,655705 28,024754	Заросший пляж, разнообразный песок, галька, валуны, серая глина	Рекреационная	Средняя	0-0,6
2	Лужская губа, д.Выбье	20.08	59,679558 28,239655	Дюна, песок средней и мелкой фракции	Рекреационная	Высокая	0-0,3
3	Лужская губа, д.Дубки.	20.08	59,736184 28,440588	Каменистый мол, песок, камни, мусор и техногенная грязь	Техногенная, строительные работы	Высокая	0-0,4
4	Копорская губа, д.Вистино	20.08	59,82328 28,60259	Дикий галечный пляж с валунами	Рекреационная	Очень высокая	0-0,5
5	Копорская губа, д. Систо-Палкино	20.08	59,806277 28,908699	Заросший пляж, разнообразный песок, валуны, черный ил	Рекреационная	Низкая	0-0,5
6	Финский залив, у Шепелевского маяка	03.09	59,984332 29,132130	Гравийный пляж с валунами	Техногенная	Высокая	0-0,5
7	Финский залив, бухта Графская Лахта	20.08 и 03.09	59,981407 29,206259	Заросший пляж, песчано-каменистый с валунами и с черным илом и алевритом	Рекреационная	Низкая и высокая	0-0,6
8	Финский залив, п. Лебяжье	03.09	59,957427 29,487566	Песчано-гравийный пляж с камнями и валунами	Рекреационная	Высокая	0-0,5
9	Финский залив, д. Лимузи	03.09	59,930836 29,626578	Галечный с валунами и песком	Техногенная, рекреационная	Низкая	0-0,3
10	Финский залив, д. Малая Ижора	03.09	59,930071 29,648159	Зарастающий пляж, песок с камнями и валунами	Техногенная, рекреационная	Высокая	0-0,5
11	Невская губа, около порта Бронка	03.09	59,931396 29,705561	Канал вдоль порта, песчано-глиняный с валунами	Техногенная, рекреационная	Низкая	0-0,7

8.3.2. Результаты и обсуждение

Анализ флоры, таксономический состав, экологическая структура

В 2019 г. в сообществах, расположенных в воде, на линии уреза воды и на затопляемых прибрежьях, встречено 47 видов водных цветковых растений из 21 семейства и 2 классов (табл. 8.6). Доминируют представители класса Liliopsida – 30 видов (64%) из 9 семейств; Magnoliopsida представлены 17 видами (36%) из 12 семейств. Самые многочисленны семейства – Cyperaceae, 7 видов, и Potamogetonaceae, 4 вида; Alismataceae, Juncaceae, Poaceae, Typhaceae, Polygonaceae, Ranunculaceae – по 3 вида, остальные семейства представлены 1-2 видами. Самый высокий КК среди цветковых растений имеют *S. Tabernaemontani* – 5, *Bolboschoenus maritimus* – 4, *Phragmites australis*, *Eleocharis acicularis*, *Potamogeton perfoliatus* – по 3. Список видов с указанием экотипа, яруса и подъяруса и класса константности представлены в таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Список видов, встреченных в 2019 году, их эколого-ценотическая характеристика и классы константности видов по Браун-Бланке

№	Таксоны и виды	Русское название	Эко тип ы	Ярусы и подъярусы	КК
1	2	3	4	5	6
	Отдел Magnoliophyta	Цветковые			
	Класс Liliopsida	Однодольные			
	Семейство Alismataceae	Частуховые			
1	<i>Alisma gramineum</i> Lej.	Частуха злаковая	II	A3	1
2	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	Частуха подорожниковая	II	A2	1
3	<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	Стрелолист обыкновенный	II (I)	A2-C1	1
	Семейство Cyperaceae	Осоковые			
4	<i>Bolboschoenus maritimus</i> Palla.	Клубнекамыш морской	III	A2	4
5	<i>Carex acuta</i> L.	Осока острая	III	A2	1
6	<i>Carex</i> sp.	Осоки	IV	A2	2
7	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. et Schult.	Болотница игольчатая	I-III	C3-A3	3
8	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	Болотница болотная	III	A2	2
9	<i>Eleocharis uniglumis</i> (Link.) Schult.	Болотница одночешуйная	III	A2	1
10	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C.Gmel.) Palla (syn. <i>Scirpus tabernaemontani</i> C.C.Gmel.)	Камыш Табернемонтана	II	A2	5
	Семейство Hydrocharitaceae	Водокрасовые			
11	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	Элодея канадская	I	C2	1

№	Таксоны и виды	Русское название	Эко тип ы	Ярусы и подъярусы	КК
12	<i>Stratiotes aloides</i> L.	Телорез алоэвидный	I	C3-0	1
	Семейство Juncaceae	Ситниковые			
13	<i>Juncus articulatus</i> L.	Ситник членистый	IV	A3	1
14	<i>Juncus bufonius</i> L.	Ситник жабий	IV	A3	1
15	<i>Juncus gerardii</i> Loisel.	Ситник Жерара	IV	A3	2
	Семейство Juncaginaceae	Триостенниковые			
16	<i>Triglochin maritimum</i> L.	Триостенник морской	IV	A3	1
	Семейство Lemnaceae	Рясковые			
17	<i>Lemna minor</i> L.	Ряска малая	I	0	1
18	<i>Lemna trisulca</i> L. (syn. <i>Staurogeton trisulcus</i> (L.) Schur)	Ряска трёхраздельная	I	C3	1
	Семейство Poaceae	Злаковые			
19	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Полевица побегообразующая	III	A3	1
20	<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch.	Двукосточник тростниковый	III	A2	1
21	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Тростник обыкновенный	II	A1	3
	Семейство Potamogetonaceae	Рдестовые			
22	<i>Potamogeton compressus</i> L.	Рдест сплюснутый	I	C2	1
23	<i>Potamogeton crispus</i> L.	Рдест курчавый	I	C2	1
24	<i>Potamogeton pectinatus</i> L. (syn. <i>Stuckenia 248ectinate</i> (L.) Börner)	Рдест гребенчатый	I	C2	2
25	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	Рдест пронзённолистный	I	C2	2
	Семейство Sparganiaceae	Ежеголовниковые			
26	<i>Sparganium emersum</i> L.	Ежеголовник всплывающий	I-II	C2	1
	Семейство Typhaceae	Рогозовые			
27	<i>Typha angustifolia</i> L.	Рогоз узколистный	II	A1	2
28	<i>Typha latifolia</i> L.	Рогоз широколистный	II	A1	1
29	<i>Typha cf. Laxmannii</i> Lepech.	Рогоз Лаксмана	II	A2	1
	Семейство Zannichelliaceae	Заникеллиевые			
30	<i>Zannichellia palustris</i> L.	Заникеллия болотная	I	C3	2
	Класс Magnoliopsida	Двудольные			
	Семейство Asteraceae	Астровые			
31	<i>Bidens tripartita</i> L.	Черда трёхраздельная	IV	A2	1
	Семейство Boraginaceae	Бурачниковые			
32	<i>Myosotis palustris</i> (L.) L.	Незабудка болотная	IV	A3	2
	Brassicaceae	Крестоцветные			
33	<i>Cardamine dentata</i> Schult.	Сердечник зубчатый	IV	A3-C2	1
	Семейство Callitrichaceae	Красовласковые			
34	<i>Callitriche hermaphroditica</i> L.	Красовласка обоеполая	I	A3	1
	Семейство Haloragaceae	Сланягодниковые			
35	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Уруть колосистая	I	C2	1
	Семейство Lythraceae	Дербенниковые			

№	Таксоны и виды	Русское название	Эко тип ы	Ярусы и подъяр усы	КК
36	<i>Lythrum salicaria</i> L.	Дербенник иволистный	III	A2	2
	Семейство Nymphaeaceae	Кувшинковые			
37	<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith	Кубышка желтая	I	0-C2	1
	Семейство Polygonaceae	Гречишные			
38	<i>Rumex aquaticus</i> L.	Щавель водный	III	A2	1
39	<i>Rumex maritimus</i> L.	Щавель приморский	IV	A2	2
40	<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre	Горец развесистый	IV	A2	2
	Семейство Primulaceae	Первоцветные			
41	<i>Glaux maritima</i> L.	Млечник приморский	IV	A3	1
42	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	Вербейник обыкновенный	IV	A2	2
	Семейство Ranunculaceae	Лютиковые			
43	<i>Batrachium eradicatum</i> (Laest.) Fries	Шелковник неукореняющийся	I	C3	1
44	<i>Batrachium marinum</i> Fries.	Шелковник морской	I	C1	2
45	<i>Ranunculus reptans</i> L.	Лютик стелющийся	IV	A3	1
	Семейство Rubiaceae	Мареновые			
46	<i>Galium palustre</i> L.	Подмаренник болотный	IV	A2	1
	Семейство Solanaceae	Пасленовые			
47	<i>Solanum dulcamara</i> L.	Паслён сладко- горький	IV	A2	1
	Всего цветковых водных растений:	47 видов			
	Bryophyta	Мхи			
	Отдел Marchantiophyta	Печёночные мхи			
1	<i>Riccia fluitans</i> L.	Риччия плавающая	I	0	1
	Algae	Водоросли			
	Отдел Cyanobacteria	Сине-зелёные водоросли			
2	<i>Gloetrichia</i> sp.	Глеотрихия	I	C3	2
	Отдел Chlorophyta	Зеленые водоросли			
3	<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz.	Кладофора собранная	I	C3	5
4	<i>Ulva intestinalis</i> L.Nees	Кишечница	I	C3	4
	Отдел Charophyta	Харовые водоросли			
	сем. Charophyceae	Харовые водоросли			
5	<i>Chara aspera</i> C.L.Willdenow	Хара шероховатая	I	C3	2
6	<i>Chara cf. Contraria</i> Kütz.	Хара противоположная	I	C3	1
	сем. Zygnematophyceae	Зигнемовые водоросли			
7	Нитчатые зигнемовые водоросли		I	0	1
	Отдел Heterokontophyta	Бурые водоросли			
8	Нитчатые бурые водоросли		I	C3	3
9	<i>Fucus vesiculosus</i> L.	Фукус пузырчатый	I	C3	1
	Отдел Rhodophyta	Красные водоросли			

№	Таксоны и виды	Русское название	Эко тип ы	Ярусы и подъяр усы	КК
10	<i>Ceramium sp.</i>	Церамиум	I	СЗ	3
	Всего групп макроводорослей и мхов:	10 видов			

Примечание: группы экотипов: I – гидрофиты или настоящие водные растения, II – геллофиты или воздушно-водные растения, III – гигрогеллофиты – растущие в воде прибрежные растения, IV – гигрофиты – наземные влаголюбивые растения. Ярусы: А – над поверхностью воды, С – в толще воды и на дне, 0 – с листьями, плавающими на поверхности воды, 1 – высокорослые, 2 – среднерослые, 3 – низкорослые или придонные. КК – классы константности по Браун-Бланке: 1 – вид присутствовал не более чем на 20% площадок, 2 – от 20 до 40 %, 3 – от 40 до 60%, 4 – от 60 до 80 %, 5 – более 80 % (по Беляева и др., 2009).

В сообществах НВР встречено 9 видов макроводорослей и 1 вид печёночных мхов *Riccia fluitans*, на трёх станциях на линии уреза воды и чуть выше на отмерших массах растительности отмечены хорошо сформированные водорослевые маты (видовой состав не определяли). Чаще всего, почти на всех станциях в Финском заливе, встречаются два вида зелёных нитчатых макроводорослей – *Cladophora glomerata* (КК=5) и *Ulva intestinalis* (КК=4), довольно часто – харовая водоросль *Chara aspera* (КК=2), на большинстве станций с солоноватой водой в незначительном количестве встречаются бурые и красные нитчатые водоросли. При подводных исследованиях и в выбросах на берегу в наиболее осолонённых биотопах обнаружены особи фукусов *Fucus vesiculosus* с везикулами. Зелёная нитчатая водоросль *C. glomerata* обильно встречается повсеместно и в пресных, и в солоноватых водах; водный мох *R. fluitans* и зигнемовые водоросли встречаются только в пресных водах Невской губы, другие представители альгофлоры характерны для осолонённых районов Восточной части Финского залива. Список макроводорослей из обследованных сообществ сосудистых гидрофитов приведён в таблицах 8.6 и 8.7. Количественные измерения нитчатых водорослей с камнями не проводили.

Таблица 8.7 – Визуальные баллы обилия видов НВР и типично водных видов ВВР, встреченных в водных сообществах и на линии уреза воды на ЛП в августе-сентябре 2019 г. По семибалльной шкале обилия-покрытия Браун-Бланке

№	Виды макрофитов	ЛП	Сумма обилий видов										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	ВИДЫ НВР												

№	Виды макрофитов	ЛП 1	ЛП 2	ЛП 3	ЛП 4	ЛП 5	ЛП 6	ЛП 7	ЛП 8	ЛП 9	ЛП 10	ЛП 11	Сумма обилий видов
	Виды макрофитобентоса												
1	<i>C. aspera</i>	2	-	-	-	1	-	2	2	-	-	-	7
2	<i>C. cf. Contraria</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	нитчатые <i>Zygnemataceae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
4	<i>U. intestinalis</i>	1	2	4	3	2	-	1	1				14
5	<i>C. glomerate</i>	4	1	3	1	5	-	3	3	1	3	1	25
6	<i>Ceramium sp.</i>	1	+	+	1	+	-	+	-	-	-	-	2
7	нитчатые бурые водоросли	1	+	+	1	+	-	+	-	-	-	-	2
8	<i>F. vesiculosus</i>	-	-	-	+		-		-	-	-	-	+
9	<i>Gloetrichia sp.</i>	1	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	1
10	<i>R. fluitans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	Виды сосудистых гидрофитов												
1	<i>B. eradicatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
2	<i>B. marinum</i>	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
3	<i>C. hermaphroditica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
4	<i>E. acicularis</i>	2	-	-	-	1	-	1	+	2	-	1	7
5	<i>E. canadensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
6	<i>L. minor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
7	<i>L. trisulca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
8	<i>M. spicatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
9	<i>N. lutea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
10	<i>P. compressus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
11	<i>P. crispus</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
12	<i>P. pectinatus</i>	+	-	-	-	2	+	2	-	-	-	-	4
13	<i>P. perfoliatus</i>	+	-	-	-	2	-	1	1	1	-	-	5
14	<i>S. aloides</i>	-	-	-	-		-				-	+	+
15	<i>S. emersum</i>	-	-	-	-		-			1	-	2	3
16	<i>Z. palustris</i>	1	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	4
	ВИДЫ ВВР												
1	<i>A. gramineum</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
2	<i>A. plantago- aquatica</i>	-	-	-	-	-	-	1	-		+	1	2
3	<i>B. maritimus</i>	2	1	+	-	2	2	2	-	2	-		11
4	<i>E. palustris</i>	-	-	-	-	2	-	1	-	1	-	1	5
5	<i>E. uniglumis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
6	<i>C. acuta</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2
7	<i>P. australis</i>	2	2	-	-	2	-	3	-	4	-	3	16
8	<i>S. sagittifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2
9	<i>S. tabernaemontani</i>	2	2	-	-	2	2	3	+	2	3	2	18
10	<i>T. angustifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2
11	<i>T. latifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+

№	Виды макрофитов	ЛП 1	ЛП 2	ЛП 3	ЛП 4	ЛП 5	ЛП 6	ЛП 7	ЛП 8	ЛП 9	ЛП 10	ЛП 11	Сумма обилий видов
	Число видов макрофитобентоса	7	4	4	5	5	0	6	4	1	1	3	
	Число видов сосудистых гидрофитов	5	0	0	0	6	1	5	3	6	0	10	
	Число видов НВР	12	4	4	5	11	1	11	7	7	1	13	
	Число видов ВВР	4	3	1	0	4	2	7	1	8	2	7	
	Всего видов макрофитов	16	7	5	5	15	3	18	8	15	3	20	
	Суммарное обилие макрофитобентоса	10	3	7	6	8	0	6	7	1	3	5	56
	Суммарное обилие сосудистых гидрофитов	3	0	0	0	7	0	5	2	4	0	7	29
	Суммарное обилие видов НВР	13	3	7	6	15	0	11	9	5	3	12	85
	Суммарное обилие видов ВВР	7	5	0	0	8	4	11	0	11	3	10	59
	Суммарное обилие видов макрофитов	21	8	7	6	23	4	23	9	17	6	22	

Примечание: Обилие каждого вида оценивалось визуально по семибалльной шкале покрытия Браун-Бланке: г – единичные особи; + – мало особей; 1 – покрывается меньше 5% площадки; 2 – покрывается 5-25%; 3 – покрывается 25-50%; 4 – покрывается 50-75%; 5 – покрывается больше 75% (по Беляева и др., 2009).

Встречаются только два редких вида: на ст. 7 и ст. 9 – *Alisma gramineum*, внесена в Красную Книгу СПб (КК СПб, 2018) в статусе EN (2), и *Fucus vesiculosus*, внесён в Красную Книгу ЛО (КК ЛО, 2018) в статусе 1 EN B2ab(iv). Все остальные виды широко распространены и часто встречаются в Восточной части Финского залива.

Процент заносных (чужеродных) видов в водных сообществах на обследованных станциях низкий, при обследовании в 2019 году обнаружен только 1 вид НВР – натурализовавшийся вселенец *Elodea canadensis* в пресных водах на ст. 11 в канале около порта Бронка. Часто образуют заросли чужеродные по происхождению виды ВВР – *Schoenoplectus tabernaemontani* в воде и *Juncus gerardii* на береговой линии. В береговых сообществах довольно часто встречаются многочисленные травянистые сорные вселенцы, такие как *Bidens frondosa* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *Helianthus tuberosus* L., *Onagra sp.* и др., которые заходят в сообщества тростника со стороны берега. На берегу встречаются два вида заносных кустарников – *Hippophae rhamnoides* L. и *Rosa rugosa* Thunb.

В исследованных местообитаниях обнаружено 9 видов-индикаторов сапробности: *Elodea canadensis*, *Lemna trisulca*, *L. minor*, *Myriophyllum spicatum*, *Nuphar lutea*, *Potamogeton crispus*, *P. pectinatus*, *P. perfoliatus* и *Sagittaria sagittifolia*, из которых 5 видов являются β -мезосапробами, 3 – олиго- β -мезосапробами и 1 – α - β -мезосапробом (Садчиков, Кудряшов, 2005).

Время обследования, конец лета и начало осени, определило низкое видовое разнообразие и довольно низкие показатели встречаемости, жизненности и плодоношения, а также низкие продукционные показатели у многих видов НВР, потому что большинство из них уже находились в фазе осенней вегетации.

Для сравнения структуры зарослей на станциях встреченные виды были разделены на 4 экотипа: гидрофиты – НВР, постоянно растущие в воде, включающие пять экогрупп: четыре группы сосудистых растений и макрофитобентос – макроводоросли и печеночные мхи; гелофиты – ВВР; гигрогелофиты – наземные растения, приспособленные к обитанию в воде; гигрофиты – наземные растения переувлажнённых местообитаний. В целом на исследованных биотопах южного берега незначительно доминируют виды ВВР – 55%, из них гелофиты – 15%, гигрогелофиты – 14%, гигрофиты – 26%; виды НВР – 45%, из них цветковые гидрофиты – 26%, макроводоросли – 19% (табл. 8.6).

Самое высокое видовое разнообразие макрофитов на южном берегу, представленное видами из 4-х экотипов, отмечено в зонах активной аккумуляции органического вещества, где формируются полосы ВВР: в бухте Графская Лахта (ст. 7) – 31 вид, около д. Лимузи (ст. 9) – 27 видов, в Невской губе в канале около порта Бронка (ст. 11) – 25 видов, в п. Систо-Палкино (ст. 5) – 21 вид, в Нарвском заливе около Гакково (ст. 1) – 19 видов (рис. 8.12). Самое низкое – сразу за дамбой на пляже около д. Малая Ижора (ст. 3) – 3 вида, на мысу около Шепелевского маяка (ст. 6) – 4 вида, на прибойном диком пляже в Копорской губе (ст. 4) – 5 видов, в Лужской губе на песчаных пляжах около д. Липово (ст. 2) и около д. Дубки (ст. 3) – по 7 видов, на пляже в п. Лебяжий (ст. 8) – 8 видов (рис. 8.12).

Растительность на станциях имеет разное количество экотипов в своём составе, что определяется степенью обводнённости биотопов, грунтами и степенью нарушенности биотопов. На ст. 1, 5, 7, 9, 11 в зарослях присутствуют все экотипы, структура зарослей не нарушена, заросли различаются только видовым разнообразием и степенью зарастания. На ст. 6 доминируют гелофиты, нет нитчатых макроводорослей и встречаются единичные особи сосудистых

гидрофитов, обильно развиваются бактериально-водорослевые маты вдоль уреза воды, очень низкое видовое разнообразие во всех экотипах и небольшая степень зарастания. На ст. 2, 3, 8, 10 в зарослях отсутствуют два-три экотипа, низкое видовое разнообразие, небольшая степень зарастания. На ст. 4 встречены только макроводоросли с довольно большой степенью зарастания (рис. 8.12).

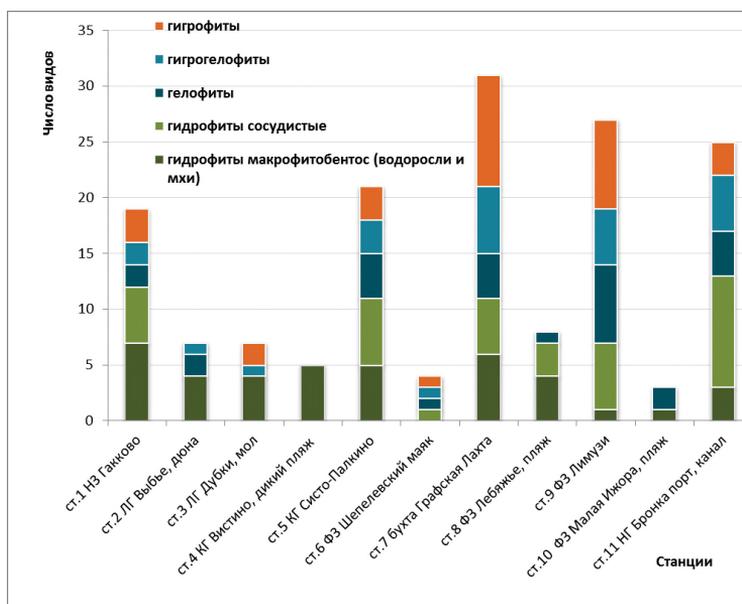


Рисунок 8.12 – Разнообразие видов и экотипов водной и прибрежно-водной растительности на обследованных станциях в июле-августе 2019 г. Название и местоположение станций в табл.8.5 и на рис.8.11. Сокращения в названиях станций: НЗ – Нарвский залив, ЛГ – Лужская губа, КГ – Копорская губа, НГ – Невская губа, ФЗ – Финский залив

Сосудистые гидрофиты на станциях в более солоноватоводной части залива представлены экогруппой погруженных укореняющихся гидрофитов, и только на двух станциях, с чрезмерной степенью развития ВВР, под прикрытием широких зарослей гелофитов в наиболее опреснённых местообитаниях у дамбы, в зарослях обнаружены виды из нескольких экогрупп гидрофитов. Со стороны Финского залива на ст. 9 - 3 экогруппы гидрофитов, на ст. 11 в Невской губе - представители всех 5 экогрупп гидрофитов (рис. 8.13). Харовые луга в 2019 г. имели характер небольших разреженных пятен зарастаний на песчаном грунте на ст. 1, 5, 7, 8 со слабосоленоватыми водами и средней и низкой ветроволновой активностью.

Растительный покров вдоль южного побережья Восточной части Финского залива имеет вид неширокой и довольно однообразной полосы из двух поясов водной растительности: пояса ВВР и пояса НВР. Пояс ВВР в основном представлен зарослями тростника, камыша и клубнекамыша, причём заросли

тростника обычно встречаются на линии уреза воды и выше по берегу, заросли клубнекамышы – на урезе воды и в воде до глубины 0,4 м, а заросли камыша – в воде на глубине до 1 м. В поясе НВР на пляжах в Нарвском и Лужском заливах и в Копорской губе, в Лебяжьем и около Малой Ижоры разнообразие макроводорослей выше, чем разнообразие видов сосудистых гидрофитов, которые в период исследования встречались в виде небольших пятен зарастаний. В зонах аккумуляции, где формируются массивные заросли гелофитов, разнообразие видов сосудистых гидрофитов превышает разнообразие макроводорослей (рис. 8.14).

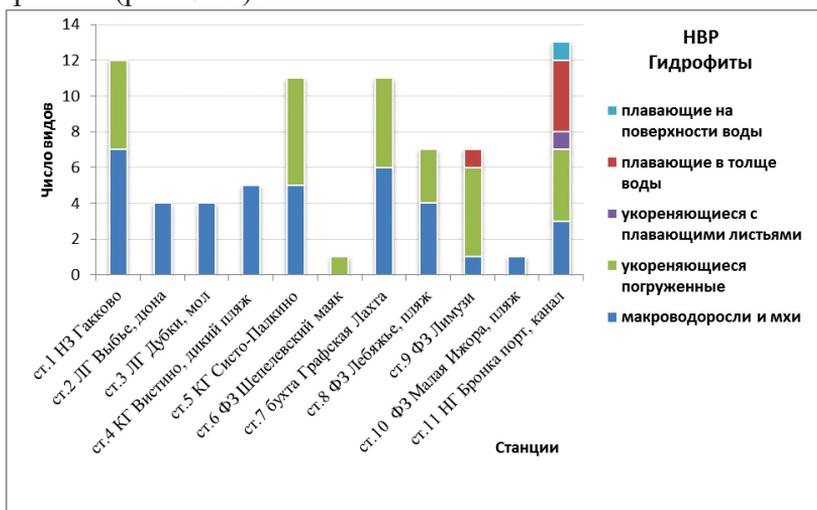


Рисунок 8.13 – Разнообразие экогрупп в экотипе гидрофитов на обследованных ЛП в июле-августе 2019 г. Местоположение станций и сокращения как на рис.8.6

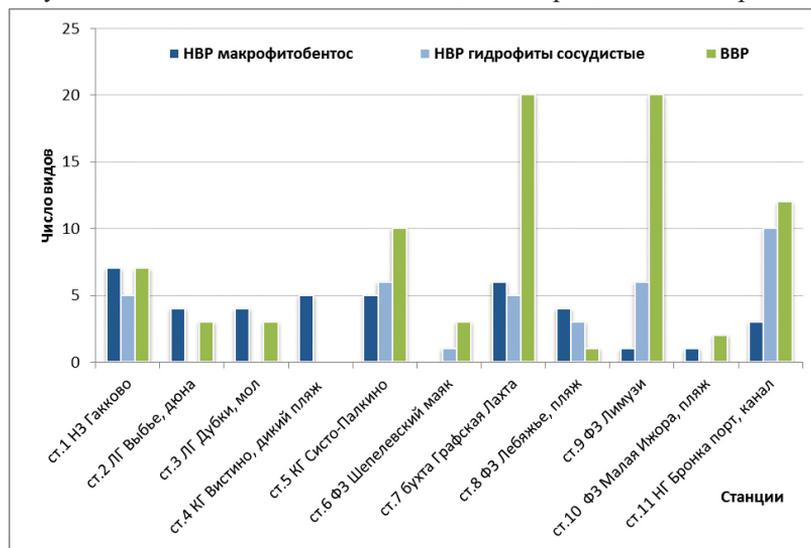


Рисунок 8.14 – Сравнительные доли макрофитобентоса (макрроводорослей и мхов), настоящей водной сосудистой растительности (HBP) и воздушно-водной растительности (BVP) в сообществах водной и прибрежно-водной растительности на обследованных ЛП в июле-августе 2019 г. Местоположение станций и сокращения как на рис.8.12

Степень зарастания и характер зарослей

На обследованных станциях самая высокая степень зарастания на ст. 9 и 11 – «чрезмерная» (более 50%), доминирует ВВР, которая имеет сплошной массивно-пятнистый тип распространения, ширина зарослей большая; НВР имеет бордюрный и неравномерно пятнистый тип зарастания. На ст. 1, 5, 7 степень зарастания «очень большая» (36-50%), по обилию незначительно преобладает ВВР, характер зарослей ВВР массивно-поясной и неравномерно пятнистый, зарослей НВР – неравномерно пятнистый. На ст. 10 степень зарастания «средняя» (11-20%), доминирует ВВР: на берегу заросли отсутствуют, в воде характер зарослей неравномерно пятнистый, из гидрофитов развиваются только водоросли. На ст. 2 и 6 степень зарастания «небольшая» (3-10%), доминирует ВВР, характер зарослей – единичные плотные пятна; НВР – ничтожное зарастание, в воде единичные куртины гидрофитов. На ст. 3, 4, 8 степень зарастания «небольшая» (3-10%), ВВР в воде отсутствует, на берегу представлена единичными растениями или куртинами; НВР представлена только нитчатыми водорослями, характер зарослей: на ст. 3 – на камнях и строительном мусоре сплошной, а на песке широкая полоса выбросов гниющих водорослей, на ст. 4 – на камнях неравномерно зонарно-пятнистый, на ст. 8 – неравномерно пятнистый на песке и камнях.

8.3.3. Структурные и продукционные характеристики доминирующих видов на ЛП

На шести станциях были выделены водные ЛП, расположенные на урезе воды вдоль линии берега и в воде до глубины 0,6 м. На этих площадках исследовались структурные и продукционные параметры доминирующих в воде видов и сообществ макрофитов.

В водных сообществах на ЛП встречено 36 видов макрофитов. Больше всего их встречено на ЛП11 в Невской губе в канале у порта Бронка – 20 видов, по числу и обилию доминируют виды НВР. На втором месте ЛП7 в бухте Графская Лахта – 18 видов, на третьем месте ЛП1 в Нарвском заливе у д. Гакково – 16 видов, на четвертом месте ЛП5 в Копорской губе в Систо-Палкино и ЛП9 около д. Лимузи – по 15 видов. Меньше всего видов на ЛП6 у Шепелевского маяка и на ЛП10 около дамбы в Малой Ижоре – по 3 вида. Данные по количеству видов в разных экогруппах макрофитов и обилию (ОБ) видов на каждой ЛП представлены в таблице 8.7. Самые обильные виды макрофитов с высокой встречаемостью (далее ВС): *S. glomerata*, ВС – 91%, ОБ 1-4, max на ЛП5 и ЛП1; *S. tabernaemontani*, ВС – 82%, ОБ 2-3, max на ЛП7 и ЛП10; *P. australis*, ВС – 55%, ОБ 2-4, max на ЛП9; *U. intestinalis*, ВС – 64%, ОБ 2-4, max на ЛП3 и ЛП4; *B.*

maritimus, ВС – 64%, ОБ 1-2; *E. acicularis*, ВС – 55%, ОБ 1-2, max на ЛП1 и ЛП9; *C. aspera*, ВС – 36%, ОБ 1-2; *P. perfoliatus*, ВС – 45%, ОБ 1-2, max на ЛП5; *P. pectinatus*, ВС – 36%, ОБ 1-2, max на ЛП5 и ЛП7; *Z. palustris*, ВС – 36%, ОБ 1.

Структурные характеристики доминирующих видов представлены в таблице 8.8.

Таблица 8.8 – Сравнительная характеристика показателей структуры доминирующих видов макрофитов на обследованных ЛП в августе-сентябре 2019 г.

Доминант	№ ЛП, 2019	L, м	aw, г	N экз./м ²	bm aw кг/м ²
1	2	3	4	5	6
Виды ВВР					
<i>P. australis</i>	1	1,9±0,2	9,5±3,0	160±6	0,880±0,320
<i>P. australis</i>	7	1,2±0,6	3,3±3,1	149±68	0,595±0,388
<i>P. australis</i>	11	1,6±0,2	5,5±1,9	311±59	1,518±0,349
<i>S. tabernaemontani</i>	1	1,0±0,1	1,7±0,5	84±15	0,119±0,015
<i>S. tabernaemontani</i>	2	1,0±0,3	3,8±2,1	740±131	1,680±0,358
<i>S. tabernaemontani</i>	5	1,1±0,2	2,4±1,1	184±5	0,522±0,023
<i>S. tabernaemontani</i>	7	1,3±0,2	3,9±2,2	56±7	0,221±0,011
<i>T. angustifolia</i>	11	2,0±0,1	15,6±9,2	127±21	1,233±0,232
<i>B. maritimus</i>	1	0,6±0,1	1,4±0,6	176±43	0,263±0,110
<i>B. maritimus</i>	5	1,0±0,1	4,4±0,9	187±73	0,461±0,088
<i>B. maritimus</i>	7	0,8±0,2	1,7±0,6	91±10	0,154±0,016
<i>E. uniglumis</i>	1	0,4±0,1	0,07±0,03	752±11	0,048±0,003
Виды НВР					
<i>E. canadensis</i>	11	0,11±0,03	0,03±0,01	900±297	0,028±0,009
<i>P. crispus</i>	5	0,13±0,06	1,82±3,13	56±27	0,032±0,019
<i>P. pectinatus</i>	5	0,29±0,05	0,12±0,04	208±44	0,043±0,003
<i>P. perfoliatus</i>	5	0,30±0,12	0,18±0,11	292±95	0,063±0,014
<i>P. perfoliatus</i>	7	0,15±0,05	0,06±0,02	406±87	0,025±0,006
<i>P. perfoliatus</i>	8	0,12±0,02	0,07±0,03	127±21	0,012±0,005
<i>S. emersum</i>	11	0,73±0,07	0,24±0,09	96±43	0,026±0,009
<i>Z. palustris</i>	1	0,07±0,03	нд	нд	0,034±0,004
<i>Z. palustris</i>	5	0,07±0,02	нд	нд	0,023±0,003
<i>Z. palustris</i>	8	0,08±0,02	нд	нд	0,006±0,004
Макроводоросли					
<i>C. aspera</i>	1	0,08±0,02	нд	нд	0,084±0,020
<i>C. aspera</i>	7	0,11±0,02	нд	нд	0,025±0,004
<i>C. aspera</i>	8	0,09±0,02	нд	нд	0,019±0,005
нитчатые водоросли	1	нд	нд	нд	0,082±0,015
нитчатые водоросли	5	нд	нд	нд	0,083±0,017
нитчатые водоросли	7	нд	нд	нд	0,031±0,005
нитчатые водоросли	8	нд	нд	нд	0,028±0,014
нитчатые водоросли	11	нд	нд	нд	0,083±0,005

Примечание: L – средняя длина побега, aw – средняя абсолютно-сухая фитомасса побега, N – средняя плотность побегов на единицу площади, bm aw – средняя абсолютно-сухая фитомасса на единицу площади, нд – нет данных, т.к. параметры невозможно измерить.

Большинство видов ВВР, составляющие надводный ярус (А) – среднерослые. Самые высокорослые особи *Typha angustifolia* на ЛП11, $2,0 \pm 0,1$ м. Тростник *P. australis* самый высокий на ЛП1, средняя высота $1,9 \pm 0,2$ м, чуть ниже тростник на ЛП11, самый низкий на ЛП7. У *S. tabernaemontani* средняя высота побегов примерно одинаковая на всех площадках, самые высокие на ЛП7 – $1,3 \pm 0,2$ м. У *B. maritimus* самые высокие особи на ЛП5 – $1,0 \pm 0,1$ м, самые низкие на ЛП1.

Самая высокая биомасса побега у *T. angustifolia* на ЛП11 – $15,6 \pm 9,2$ г bm aw. У *P. australis* самая большая на ЛП1 – $9,5 \pm 3,0$ г bm aw, самая маленькая на ЛП7. Самая высокая биомасса побега у *S. tabernaemontani* на ЛП7 – $3,9 \pm 2,2$ г bm aw, чуть меньше на ЛП2, самая низкая на ЛП1. Самая высокая у *B. maritimus* на ЛП5 – $4,4 \pm 0,9$ г bm aw, самая низкая на ЛП1.

Среди высокорослых гелофитов самая высокая плотность зарослей у *S. tabernaemontani* на ЛП2 – 740 ± 131 , самая низкая на ЛП7. У *P. australis* самая высокая на ЛП11 – 311 ± 59 , самая низкая на ЛП7. У *B. maritimus* самая высокая на ЛП5 – 187 ± 73 , самая низкая на ЛП7. У *T. angustifolia* самая высокая на ЛП11 – 127 ± 21 .

По производимой на единицу площади биомассе лидирует *S. tabernaemontani* на ЛП2 – $\text{bm aw} = 1,680 \pm 0,358$ кг/м², самая низкая на ЛП1 – $0,119 \pm 0,015$ кг/м². У *P. australis* самая высокая на ЛП11 – $1,518 \pm 0,349$ кг/м², самая низкая – на ЛП7. У *T. angustifolia* самая высокая на ЛП11 – $1,233 \pm 0,232$ кг/м². У *B. maritimus* самая высокая на ЛП5 – $0,461 \pm 0,088$ кг/м², самая низкая на ЛП7.

Большинство встреченных видов НВР низкорослые, 0,07-0,15 м высотой, только четыре вида имели высоту больше 0,3 м. Самые высокие: *Sparganium emersum* – $0,73 \pm 0,07$ м, *Batrachium marinum* – 0,5 м. Все макроводоросли относятся к придонным видам, но виды рода *Ulva* могут образовывать скрученные жгуты длиной до 2 м, а виды рода *Cladophora* часто образуют большие плавающие скопления, запутывающиеся в зарослях цветковых гидрофитов.

Показатели биомассы и плотности побегов у гидрофитов варьируют в широких пределах, так как особи легко ломаются при сборе и разборе проб, у большинства видов почти невозможно выделить отдельные особи из общей спутанной с нитчатыми водорослями массы, поэтому биомасса видов определяется исходя из веса общей пробы и визуального определения доли вида. У водорослей невозможно выделить особи. Самая высокая фитомасса у харовых водорослей на ЛП1 – $0,084 \pm 0,020$ кг/м², самая низкая на ЛП8 – $0,019 \pm 0,005$ кг/м²; у нитчатых водорослей самая высокая на ЛП5 и ЛП11 – $0,083 \pm 0,005$ кг/м², самая

низкая на ЛП8 – $0,028 \pm 0,014$ кг/м². Среди цветковых гидрофитов по биомассе лидируют крупнолистные рдесты на ЛП5: *P. perfoliatus* – $0,063 \pm 0,014$ кг/м², *P. pectinatus* – $0,043 \pm 0,003$ кг/м², *P. crispus* – $0,032 \pm 0,01$ кг/м². Самая низкая фитомасса у *Z. palustris* на ЛП8 – $0,006 \pm 0,004$ кг/м².

8.3.4. Доминирующие сообщества макрофитов и их структурные показатели

Среди ВВР в осолонённой части залива выделено 3 доминирующих преимущественно одновидовых, реже двухвидовых сообщества: чистые заросли *P. australis*, чистые заросли *S. tabernaemontani*, чистые и смешанные заросли *B. maritimus*. В Невской губе у порта Бронка на ЛП11 доминируют чистые и смешанные заросли *P. australis* и *T. angustifolia*. Среди НВР в осолонённой части Финского залива выделено одно повсеместно распространённое сообщество харовых водорослей с *Z. palustris*, несколькими видами рдестов и нитчатыми водорослями (табл. 8.9). На урезе воды и на минимальных глубинах 0-0,2 м чаще всего встречаются водоросли из рода *Ulva*, чуть глубже начинают доминировать водоросли из рода *Cladophora*, которые в зависимости от прозрачности воды могут встречаться на камнях до глубины 1,5-2 м. На глубинах 0,3-0,6 м встречаются вкрапления харовых водорослей и высшей цветковой растительности. Состав сообщества и обилие видов в нем на ЛП варьируют от 2 до 6 видов в зависимости от глубины, характера грунта и защищённости местообитания. На ЛП1 в сообществе доминируют зелёные нитчатые и харовые водоросли, на ЛП5 доминируют зелёные нитчатые водоросли и три вида рдестов – *P. perfoliatus*, *P. crispus* и *P. pectinatus*, на ЛП7 и ЛП8 – зелёные нитчатые и харовые водоросли и рдест *P. perfoliatus*, но на ЛП8 у сообщества очень низкие показатели обилия. Наибольшее число видов в учётных рамках встречено на ЛП5 – 6 видов. На песчаных и песчано-каменистых открытых прибойных пляжах без зарослей ВВР с высокой антропогенной нагрузкой на ЛП2, ЛП3, ЛП4 и ЛП10 виды водных сосудистых растений в сообществах гидрофитов отсутствуют. В опреснённых биотопах в Невской губе на ЛП11 встречены другие сообщества НВР – *S. emersum* с *E. canadensis* и зигнемовыми нитчатыми водорослями, *S. sagitifolia*, *N. lutea* и *L. minor*.

Структурные и продукционные показатели доминирующих сообществ на ЛП приведены в таблице 8.9. По величине биомассы и продукции с учетом ПП в сообществах ВВР на первом месте стоит сообщество *P. australis* и *T. angustifolia* – $bm=2,13 \pm 0,50$ кг/м², $P_c=273 \pm 64$ гС/м² на ЛП11 в Невской губе, на втором месте сообщество *P. australis* с участием разнотравья – $bm=1,53 \pm 0,20$ кг/м², $P_c=131 \pm 17$ гС/м² на ЛП7 в бухте Графская Лахта, на 3 месте чистое

сообщество *P. australis* – $bm=0,88\pm0,32$ кг/м², $P_c=56\pm20$ гС/м² на ЛП1 в Нарвском заливе в Гакково, на 4 месте по производимой продукции с учетом очень низкого ПП у чистого сообщества *S. tabernaemontani* – $bm=1,68\pm0,36$ кг/м², $P_c= 36\pm8$ гС/м² на ЛП2 в Лужской губе, но по производимой фитомассе это сообщество стоит на втором месте. Средние показатели фитомассы на единицу площади в сообществах и производимая продукция представлены в таблице 8.9. Самая высокая производимая фитомасса на единицу площади и продукция с учетом ПП в сообществах НВР на ЛП1 – $bm=0,18\pm0,02$ кг/м², $P_c= 29\pm3$ гС/м² и на ЛП5 – $bm=0,17\pm0,04$ кг/м², $P_c= 31\pm6$ гС/м², самая низкая на ЛП8, – $bm=0,05\pm0,01$ кг/м², $P_c= 2,2\pm0,2$ гС/м², немного выше на ЛП7 и ЛП11. Количественный учёт проводился только в одном сообществе укореняющихся погруженных гидрофитов и их показатели продуктивности были на порядок ниже по сравнению с сообществами ВВР. Низкая продукция гидрофитов в значительной мере определяется осенним сезоном сбора материала.

Таблица 8.9 – Фитоценотические и продукционные характеристики доминирующих сообществ макрофитов на обследованных ЛП в августе-сентябре 2019 г.

Состав доминирующих сообществ / средний % участия видов в сообществе по bm в учетных рамках	№ ЛП	Ярус	N	ОБ ПП, %	bm ав кг/м ²	$P_{обит.}$, кг/м ²	P_c , гС/м ² в сообществе	P_c , гС/м ² сообщества на ЛП с учетом ПП
1	2	3	4	6	7	8	9	10
Асс. <i>B. maritimus</i> 85% + <i>E. uniglumis</i> 15%	1	A	1-2	15	0,28±0,010	0,34±0,11	121±41	24±8
Асс. <i>P. australis</i> 100%	1	A	1	20	0,88±0,32	1,06±0,38	376±136	56±20
Асс. <i>S. tabernaemontani</i>	1	A	1	10	0,12±0,02	0,14±0,02	51±6	10±1
Асс. нитчатые макроводоросли 62% + <i>C. aspera</i> 22% + <i>Z. palustris</i> 2% + <i>B. marinum</i> 1%	1	C	3-4	45	0,18±0,02	0,46±0,04	73±7	29±3
Асс. <i>S. tabernaemontani</i>	2	A	1	5	1,68±0,36	3,34±0,71	717±153	36±8
Асс. <i>S. tabernaemontani</i>	5	A	1	15	0,52±0,02	0,63±0,03	223±10	33±1
Асс. <i>B. maritimus</i> 100%	5	A	1	20	0,46±0,09	0,55±0,11	197±38	30±6
Асс. нитчатые макроводоросли 48% + <i>C. aspera</i> 1%, + <i>P. perfoliatus</i> 15%, + <i>P. pectinatus</i> 11%, + <i>P. crispus</i> 15%, + <i>Z. palustris</i> 9 %	5	C	2-6	45	0,17±0,04	0,43±0,09	68±14	31±6
Асс. <i>P. australis</i> 100%	7	A	1	20	1,53±0,20	1,84±0,24	655±84	131±17
Асс. <i>B. maritimus</i> 100%	7	A	1	10	0,15±0,02	0,18±0,02	66±7	3,3±0,3
Асс. <i>S. tabernaemontani</i>	7	A	1	30	0,22±0,01	0,27±0,01	94±4	28±1
Асс. <i>C. glomerata</i> 25%,	7	C	1-4	10	0,08±0,01	0,21±0,03	33±5	3,3±0,5

Состав доминирующих сообществ / средний % участия видов в сообществе по <i>bm</i> в учетных рамках	№ ЛП	Ярус	N	ОБ ПП, %	<i>bm aw</i> кг/м ²	<i>P</i> _{общ.} , кг/м ²	<i>P</i> _с , гС/м ² в сообществе	<i>P</i> _с , гС/м ² сообщества на ЛП с учетом
<i>U. intestinalis</i> 6%, нитчатые макроводоросли + <i>C. aspera</i> 27%, + <i>P. perfoliatus</i> 31 %, <i>Z. palustris</i> 3 %, <i>E. acicularis</i> 2 %, + <i>B. marinum</i> 6%								
Асс. <i>C. glomerata</i> 36% + <i>C. aspera</i> 37% + <i>P. perfoliatus</i> 17%, + <i>Z. palustris</i> 10%	8	С	2-4	10	0,05±0,01	0,14±0,01	22±2	2,2±0,2
Асс. <i>P. australis</i> 67% + <i>T. angustifolia</i> 33%	11	А	1-2	45	2,13±0,50	5,34±1,25	911±213	273±64
Асс. <i>E. canadensis</i> 46% + <i>S. emersum</i> 40% + нитчатые макроводоросли 14%	11	С	2-3	10	0,06±0,01	0,14±0,02	24±3	2,4±0,3

Примечание: Асс. – ассоциация, N – число видов в сообществе, ОБ *aw bm* – доля участия сообщества в производимой фитомассе на ЛП, ОБ ОПП – доля участия сообщества в общем проективном покрытии на ЛП, *bm* – биомасса, *aw* – средняя абсолютно сухая фитомасса, *P*_{общ.} – общая фитопродукция, *P*_с – продукция углерода, ПП – проективное покрытие

Самая высокая суммарная продукция макрофитов в 2019 г. отмечена в Невской губе в канале около порта Бронка на ЛП11 – *P*_с= 288 гС/м², на втором месте в бухте Графская Лахта на ЛП7 – *P*_с= 166 гС/м², на третьем месте в Нарвском заливе у д. Гакково на ЛП1 – *P*_с= 120 гС/м², на четвертом месте в Копорской губе в п. Систо-Палкино на ЛП5 – *P*_с= 94 гС/м², на пятом месте в Лужской губе около д. Выбье на ЛП2 – *P*_с= 36 гС/м², самая низкая в п. Лебяжье на ЛП8 – *P*_с= 4 гС/м² (рис. 8.15, 8.16). Общее проективное покрытие (ОПП) доминирующих сообществ на ЛП, на которых производились количественные исследования: в Невской губе на ЛП11 – 29%, а в Финском заливе на ЛП1, ЛП5, ЛП7 и ЛП8 приблизительно одинаковое – 19-20%, за исключением ЛП2, где суммарное покрытие макрофитами на линии уреза воды и в воде составило только 5% (рис. 8.16).

8.3.5. Сводный иллюстрированный перечень, обобщающий характеристики зарослей обследованных участков ВЧФЗ

Сводный иллюстрированный перечень, обобщающий характеристики зарослей обследованных участков ВЧФЗ приведен в таблице 8.10.

Максимальное видовое разнообразие, 19-29 видов макрофитов на станциях, приурочено к широким бухтовым зарослям с преимущественно мягкими грунтами в пресноводной и осолонённой частях; минимальное разнообразие, 3-5 видов, – на чистых песчаных пляжах с высокой подвижностью песка и на каменистых мысах с высокой степенью ветро-волновой активности и с высокой антропогенной нагрузкой. Поскольку исследования проводили в период осенней вегетации, то видовое разнообразие низкое, но в летний период оно должно быть выше.

Виды ВВР на южном берегу Восточной части Финского залива формируют четыре моно- и двухвидовых одноярусных сообщества, среди которых по совокупности показателей встречаемости, обилия и продуктивности лидируют сообщества *P. australis* и *S. tabernaemontani*. Сообщества тростника в солоноватых водах, как правило, располагаются на линии уреза воды и выше по берегу, редко заходя в воду. Сообщества клубнекамышя располагаются на урезе воды и в воде на небольшой глубине, не более 0,4 м. Сообщества камыша Табернемонтана встречаются преимущественно в воде до глубины 0,6-1,0 м.

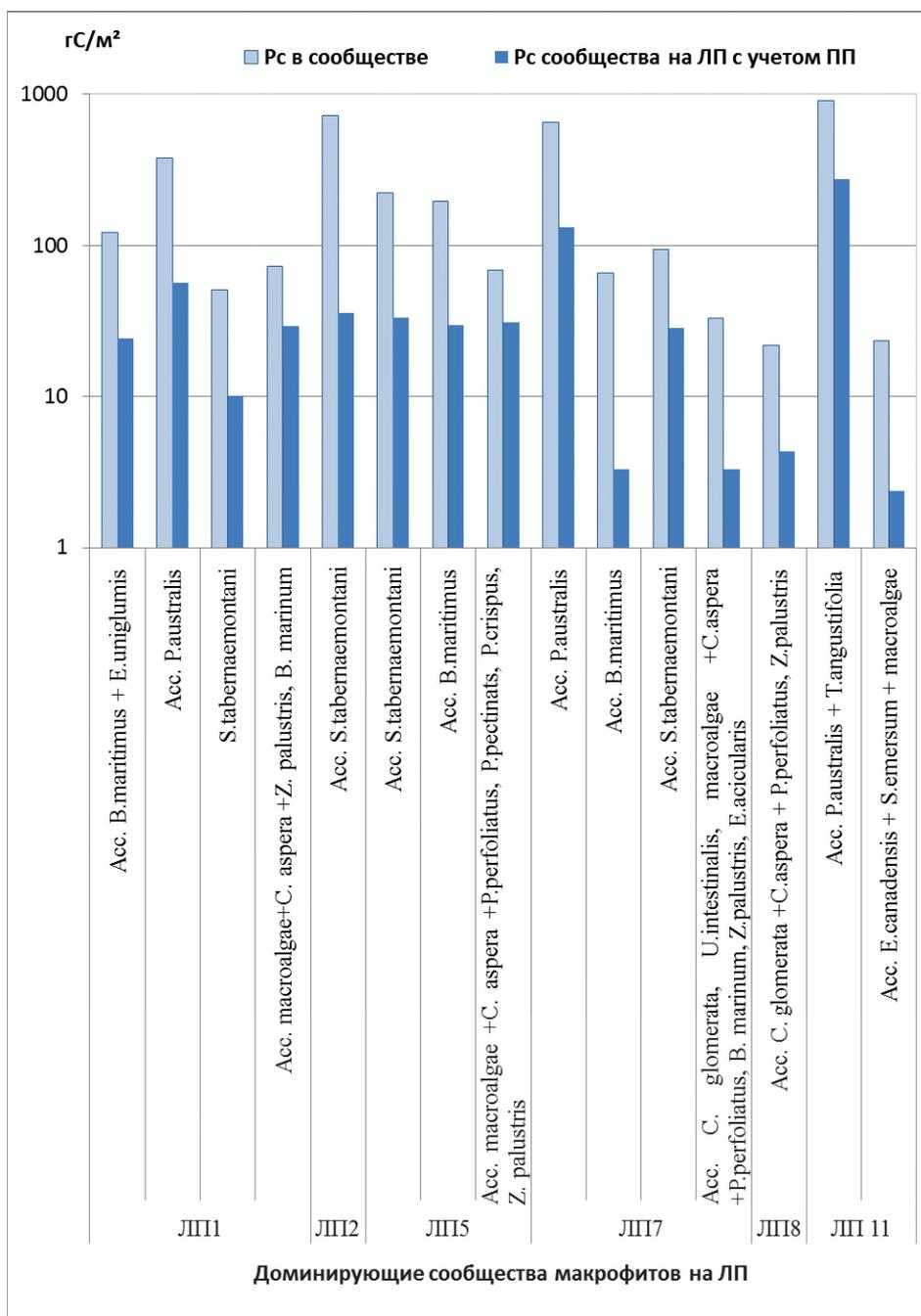


Рисунок 8.15 – Средние показатели продукции Рс (гС/м²) доминирующих сообществ макрофитов на ЛПП в 2019 г. и показатели продукции с учётом проективного покрытия сообществ на ЛПП

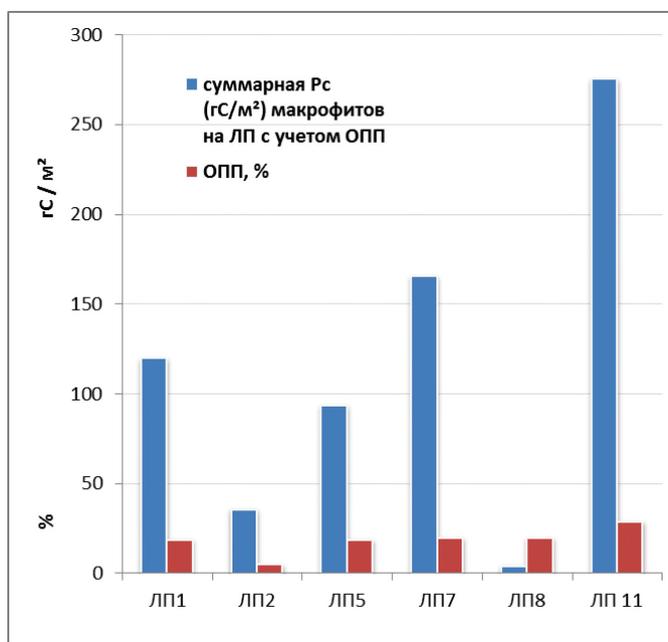


Рисунок 8.16 – Общее проективное покрытие (ОПП) на ЛПП и средняя суммарная продукция P_c (гC/м²) доминирующих сообществ макрофитов на ЛПП с учётом ОПП в августе-сентябре 2019 г.

Виды НВР на глубинах от 0,2 до 0,6 м формируют в опреснённых водах Невской губы несколько разнообразных одно-четырёхвидовых сообществ. В солоноватых водах Восточной части Финского залива в период исследования встречено только одно слабо сформированное многовидовое сообщество прикрепленных погруженных сосудистых гидрофитов и макрофитобентоса. Количество видов в сообществе на ЛПП меняется от 2 до 6 видов, доминирует макрофитобентос (49-81%), в котором лидируют три вида макроводорослей: зелёные нитчатые *C. glomerata* и *U. intestinalis* и харовая водоросль *C. aspera*, которые переплетаются с 2-4 видами мелколистных гидрофитов и 1-3 видами крупнолистных рдестов, местами образуя сплошное покрытие. Харовая водоросль *C. aspera* встречается только в солоноватых водах, ульвовые водоросли также предпочитают солоноватоводные биотопы, с достаточно высокой степенью ветро-волновой активности, а широколистные рдесты встречаются и в пресных, и в солоноватых водах. На открытых прибойных пляжах и на пляжах с высокой антропогенной нагрузкой (строительными работами или активной рекреацией) сосудистые гидрофиты отсутствуют, обильно развиваются только водоросли. Продуктивность сообществ НВР на порядок ниже, чем ВВР. Продукционные показатели сосудистых гидрофитов

ниже, чем у макроводорослей, среди них на первом месте *P. perfoliatus*, на втором *P. pectinatus* и *Z. palustris*.

Ненарушенная структура сообществ, доминирование толерантных и пластичных видов и достаточно большая доля видов-индикаторов сапробности в преимущественно малокомпонентных сообществах характеризуют большинство исследованных обильно зарастающих водных местообитаний южного берега как β -мезосапробные с умеренным и постоянным притоком биогенных веществ. В местообитаниях с высоким притоком биогенов, подверженных сильному техногенному, рекреационному и ветро-волновому воздействию, происходит нарушение структуры зарослей макрофитов, сильно снижается видовое разнообразие в сообществах, исчезают сосудистые растения, а их место занимают обильно разрастающиеся зелёные нитчатые водоросли.

По сравнению с данными исследований 1985-1990 гг. (Корелякова И.Л., 1997) в целом характер зарослей воздушно-водной и водной растительности южного берега Финского залива, доминирующие виды и сообщества мало изменились. Видовое разнообразие ВВР изменилось не сильно, заросли камыша озёрного в солоноватых водах восточной части Финского залива заместились чужеродным видом камышом Табернемонтана *S. tabernaemontani*. В 2019 г. в сообществах НВР *M. spicatum* встречался редко и в незначительном количестве, 4 вида рдестов не встречены, около дамбы появился *B. eradatum*, около порта Бронка появился вселенец *E. canadensis*. Сильно снизилось биоразнообразие в Лужской губе, по-видимому, связанное со строительными работами вдоль восточного берега губы. Необходимо вести дальнейшие мониторинговые исследования зарослей в большем количестве биотопов.

Таблица 8.10 – Сводный иллюстрированный перечень: Характеристика водной и прибрежно-водной растительности на станциях и ЛП в августе-сентябре 2019 г. Расположение и координаты станций в таблице 8.5 и на рисунке 8.11. Структурные и продукционные характеристики видов в таблице 8.8, сообществ – в таблице 8.9. Нумерация рисунков внутритабличная

Характеристика зарослей на станциях и ЛП, 2019 г.	Фото доминирующих сообществ на ЛП
<p>Ст. 1 – Нарвский залив, Кургальский п-ов, д. Гакково Степень зарастания на берегу чрезмерная (70%), в воде – очень большая (45%). На берегу – широкая полоса высоких однострунных сплошных массивных зарослей ВВР с доминированием <i>P.australis</i> с прибрежной, луговой и сорной растительностью по краям (рис. 1). На урезе воды – мозаичная гигрофитная растительность и выбросы водорослей. В воде до гл. 0,6 м – узкая полоса двухъярусных зарослей из небольших разреженных пятен зарослей гелофитов и гигрогелофитов, между которыми мозаично расположены небольшие пятна погруженных укореняющихся гидрофитов с харовыми водорослями и с обильным развитием нитчатых зелёных водорослей и цианобактерий на камнях (рис. 1-3). Видовое разнообразие на ст. 1 – 19 видов: гидрофитов – 12 видов, среди них макроводорослей – 7, погружённых укореняющихся сосудистых гидрофитов – 5; гелофитов – 2; гигрогелофитов – 2; гидрофитов – 3. ЛПП НВР – 45%; ЛПП ВВР на берегу – 70%, в воде – 45%.</p>	 <p>Рисунок 1. Прибрежные и водные заросли ВВР. Экологический ряд зарастаний воздушно-водными растениями: на берегу прибрежные сплошные заросли <i>P.australis</i>, заходящие в воду, в воде <i>B.maritimus</i> и глубже по краю <i>S.tabernaemontani</i></p>
<p>На ЛПП1 – 16 видов: НВР – 12, ВВР – 4. Доминирующих сообществ – 4. Доминирующие виды: НВР – <i>C.glomerata</i>, <i>C.aspera</i>, <i>Z.palustris</i>; ВВР – <i>P.australis</i>, <i>B.maritimus</i>, <i>S.tabernaemontani</i>. Сообщества НВР – 3-4 видовые, ВВР – 1-2 видовые.</p>	 <p>Рисунок 2. Пятна плотных водных зарослей <i>P.australis</i> и разреженных <i>S.tabernaemontani</i></p>
	 <p>Рисунок 3. Сообщество НВР: зелёные нитчатые водоросли <i>C.glomerata</i> с <i>C.aspera</i> и <i>Z.palustris</i></p>

Ст. 2 – Лужский залив, Кургальский п-ов, д.Выбье, дюна

Степень зарастания на берегу и в воде небольшая (7%).

На берегу редкие небольшие пятна одноярусных моновидовых зарослей ВВР с доминированием *P.australis* (рис. 4).

На урете воды очень редкие небольшие пятна одноярусных одновидовых зарослей *S.tabernaemontani* и *B.maritimus*, выбросы водорослей незначительные (рис. 4).

В воде на редких камнях, ракушках или остатках растений расположены очень маленькие куртины нитчатых зелёных водорослей (рис. 4-5).

Видовое разнообразие на ст. 2 – 7 видов:

гидрофиты макроводоросли – 4 вида;

гелофиты – 2;

гигрогелофиты – 1;

гидрофиты – 0.

ПП НВР – 1%;

ПП ВВР на берегу – 10%, в воде – 3%.

На ЛП2 – 7 видов: НВР – 4, ВВР – 3.

Доминирующих сообществ – 4.

Доминирующие виды: НВР – *U. intestinalis*;

ВВР – *P. australis*, *B. maritimus*, *S.*

tabernaemontani.

Сообщества НВР – 1-3 видовые, ВВР – моновидовые.



Рисунок 4. На берегу редкие пятна плотных моновидовых зарослей *P.australis*, по линии уреза воды моновидовые заросли *S.tabernaemontani* и *B.maritimus*



Рисунок 5. Маленькие куртины зелёной нитчатой водоросли *U.intestinalis* на мелких камнях

Ст. 3 – Лужский залив, п. Дубки

Степень зарастания на берегу незначительная (меньше 1%), в воде – небольшая (7%).

Сильно нарушенный строительными работами биотоп. Сообщества сосудистой водной прибрежной растительности уничтожены, вдоль берега встречены единичные особи гигрофитов и гигрогелофитов. В воде на уровне уреза воды на камнях и искусственных субстратах обильно развиты только сообщества макрофитобентоса с доминированием *U.intestinalis* (рис. 6 и 7).

Широкая полоса гниющих выбросов водорослей вдоль уреза воды (рис. 6).



Рисунок 6. Сплошные заросли зелёных нитчатых водорослей на камнях в воде и широкая полоса выбросов на берегу

<p>Видовое разнообразие на ст. 3 – 5 видов: гидрофиты макроводоросли – 4 вида; гелофиты – 0; гигрогелофиты – 1; гиgroфиты – 0. ПП НВР на камнях – 70-100%, на песке – 0%.</p> <p>На ЛПЗ – 5 видов: НВР – 4, ВВР – 1. Доминирующих сообществ – 1. Доминирующий вид: НВР – <i>U.intestinalis</i>. Сообщества НВР – 1-3 видовые.</p>	 <p>Рисунок 7. Заросли зелёных нитчатых водорослей <i>U.intestinalis</i></p>
<p>Ст. 4 – Копорская губа, «дикий» каменисто-песчаный пляж</p> <p>На берегу и в воде сосудистая растительность отсутствует (рис. 8). В воде степень зарастания макрофитобентосом большая (20%), на камнях обильно развиты сообщества нитчатых зелёных водорослей (рис. 9). В выбросах живые особи <i>Fucus vesiculosus</i>. Вдоль уреза воды местами неширокая полоса выбросов. Видовое разнообразие на ст.4 – 3 вида: гидрофиты макроводоросли – 3; гелофиты – 0; гигрогелофиты – 0; гиgroфиты – 0. ПП НВР на камнях – 50%, на песке – 0%.</p> <p>На ЛП4 – 3 вида: НВР – 3, ВВР – 0. Доминирующих сообществ – 1. Доминирующий вид: НВР – <i>U.intestinalis</i>.</p>	 <p>Рисунок 8. Каменисто-песчаный «дикий» пляж</p>  <p>Рисунок 9. Сообщество <i>U.intestinalis</i> на камнях</p>
<p>Ст. 5 – Копорская губа, п. Систо-Палкино</p> <p>Степень зарастания на берегу и в воде – очень большая (50%). Растительность одно-двухъярусная. Вдоль берега одноярусные густые фрагментарно-бордюрные заросли <i>P.australis</i>, по краям со стороны берега с болотной, прибрежной и сорной растительностью. В воде – одноярусные разреженные краевые заросли <i>S.tabernaemontani</i>. По краям и между пятнами зарослей тростника – двухъярусные заросли из редких мозаично расположенных моновидовых пятен зарослей <i>B.maritimus</i>, <i>S.tabernaemontani</i> и сообществ погруженных гидрофитов (рис. 10).</p>	 <p>Рисунок 10. Сообщества воздушно-водной растительности на ЛП5</p>

<p>На урете воды – узкая полоса гидрофитной растительности и гниющие выбросы отмершей растительности, на которых местами формируются водорослевые плёнки (рис. 11). Погружённая растительность обильная, из мозаично расположенных пятен погруженных укореняющихся гидрофитов с харовыми водорослями и обильным развитием нитчатых зелёных водорослей (рис. 11-13). Видовое разнообразие на ст. 5 – 21 вид: гидрофиты – 11, из них макроводорослей – 6, погружённых укореняющихся сосудистых гидрофитов – 5; геллофиты – 4; гиригеллофиты – 3; гидрофиты – 3. ПП НВР – 45%; ПП ВВР вдоль берега – 50%, в воде – 25%.</p> <p>На ЛП5 – 15 видов: НВР – 11, ВВР – 4. Доминирующих сообществ – 4. Доминирующие виды: НВР – <i>P.perfoliatus</i>, <i>P.crispus</i>, <i>P.pectinatus</i>, <i>C.glomerata</i>, <i>Z.palustris</i>, <i>C.aspera</i>; ВВР – <i>P.australis</i>, <i>B.maritimus</i>, <i>S.tabernaemontani</i>. Сообщества НВР – 2-6 видовые, ВВР – моновидовые.</p>	 <p>Рисунок 11. Водорослевые плёнки на урете воды</p>	 <p>Рисунок 12. <i>P.perfoliatus</i> с нитчатыми зелёными водорослями</p>
<p>Ст. 6 – Шепелевский маяк</p> <p>Степень зарастания в воде – небольшая (10%), на прибрежном пляже растительность в виде единичных растений пляжного комплекса. В воде – редкие небольшие пятна одноярусных разреженных моновидовых зарослей гидрофитов и геллофитов (рис. 14). Погружённая растительность в виде единичных куртин <i>P.pectinatus</i>, много перифитона, обильное развитие бактериально-водорослевых матов на линии уреза воды (рис. 15). Видовое разнообразие на ст. 6 – 4 вида: погружённые укореняющиеся сосудистые гидрофиты – 1; геллофиты – 1; гиригеллофиты – 1; гидрофиты – 1. ПП НВР – 0, ПП ВВР в воде – 7%.</p> <p>На ЛП6 – 3 вида: НВР – 1, ВВР – 2. Доминирующих сообществ – 2. Доминирующие виды: ВВР – <i>B.maritimus</i>, <i>S.tabernaemontani</i>. Сообщества ВВР моновидовые.</p>	 <p>Рисунок 13. Сообщество придонных мелколистных гидрофитов: зелёные нитчатые водоросли <i>C.glomerata</i> с <i>C.aspera</i> и <i>Z.palustris</i></p>	
	 <p>Рисунок 14. Редкие пятна зарослей <i>B.maritimus</i> и <i>S.tabernaemontani</i> в воде.</p>	 <p>Рисунок 15. Бактериально-водорослевые маты на полосе отмершей водной растительности вдоль берега</p>

Ст. 7 – Бухта Графская Лахта

Степень зарастания на берегу – очень большая (50%), в воде – большая (25%).

Растительность одно-двухъярусная. Вдоль по заросшему берегу большое пятно плотных одноярусных зарослей ВВР с доминированием *P.australis*, по краям со стороны берега с болотной, прибрежной и сорной нитрофильной растительностью (рис. 16). Со стороны пляжа заросли ВВР вдоль берега отсутствуют, на широкой полосе гниющих выбросов развиваются пятна нитрофильной и сорной растительности, на песке куртины пляжного комплекса видов, вдоль линии уреза воды формируются небольшие водорослевые плёнки (рис. 17 и 18). На каменистой гряде – гидрофитная и литоральная растительность и водорослевые плёнки.

В воде – одноярусные разреженные небольшие пятна зарослей *S.tabernaemontani* и *B.maritimus* (рис. 16). В промежутках между зарослями ВВР обильно развиваются нитчатые зелёные водоросли с мозаичными вкраплениями редких пятен погруженных укореняющихся гидрофитов с харовыми водорослями.

Видовое разнообразие на ст. 7 – 31 вид:

гидрофиты – 11, из них

макроводоросли – 6,

погружённые укореняющиеся сосудистые

гидрофиты – 5;

гелофиты – 4;

гигрогелофиты – 6;

гидрофиты – 10.

ПП НВР – 20%;

ПП ВВР на берегу – 60%, в воде – 20%.

На ЛП7 – 18 видов, НВР – 11, ВВР – 7.

Доминирующих сообществ – 4.

Доминирующие виды: НВР – *C.glomerata*,

C.aspera, *P.perfoliatus*; ВВР – *P.australis*,

B.maritimus, *S.tabernaemontani*.

Сообщества НВР – 1-4 видовые, ВВР – моновидовые



Рисунок 16. Прибрежные заросли тростника на берегу и пятна камыша и клубнекамыша в воде



Рисунок 17. Выбросы и нитрофильная растительность на берегу



Рисунок 18. Водорослевые плёнки на урезе воды

Ст. 8 – Песчаный пляж в п. Лебяжье

Степень зарастания в воде – небольшая (10%), на берегу растительность отсутствует (рис. 19).

В воде единичные небольшие пятна одно-двухъярусных пятен *S.tabernaemontani* со скоплениями нитчатых водорослей (рис. 20) и небольшие редко расположенные пятна погруженных укореняющихся гидрофитов с харовыми водорослями, на небольших камнях – нитчатые зелёные водоросли.



Рисунок 19. Песчаный пляж в п. Лебяжье. Отсутствие ВВР на берегу и в воде

Видовое разнообразие на ст. 8 – 8 видов:
 гидрофиты – 7, из них
 макроводорослей – 4,
 погружённых укореняющихся сосудистых
 гидрофитов – 3;
 гелофиты – 1;
 гигрогелофиты – 0;
 гидрофиты – 0.
 ПП НВР – 19%;
 ПП ВВР – менее 1%.

На ЛП8 – 8 видов, НВР – 7, ВВР – 1.
 Доминирующих сообществ – 2.
 Доминирующие виды: НВР – *C.glomerata*,
P.perfoliatus, *Z.palustris*, *C.aspera*; ВВР –
S.tabernaemontani.
 Сообщества НВР – 1-4 видовые, ВВР –
 моновидовые.



Рисунок 20. Маленькие пятна
S.tabernaemontani в воде

Ст. 9 – Заросший берег у д. Лимузи

Степень зарастания – чрезмерная (80%).
 Заросли бордюрно-массивные,
 преимущественно одноярусные, местами
 двухъярусные.
 На берегу узкая одноярусная полоса зарослей
 ВВР. На урезе воды и в воде у берега узкая
 полоса гидрофитной растительности с
 доминированием *B.maritimus*, далее вдоль
 берега широкий пояс сплошной гелофитной
 растительности из мозаичных одноярусных
 моновидовых сообществ, ближе к берегу с
 доминированием *P.australis*, дальше от берега –
S.tabernaemontani (рис. 21). В водных «окнах» и
 проходах в зарослях гелофитов – маленькие
 мозаично расположенные пятна зарослей
 погружённых гидрофитов (рис. 22).

Видовое разнообразие на ст. 9 – 27 видов:
 гидрофиты – 7, из них
 макроводорослей – 1,
 погружённых укореняющихся сосудистых
 гидрофитов – 5,
 гидрофитов, плавающих в толще воды – 1;
 гелофиты – 7;
 гигрогелофиты – 5;
 гидрофиты – 8.
 ПП НВР – 10%;
 ПП ВВР вдоль берега – 40%, в воде – 70%.

На ЛП9 – 27 видов: НВР – 7, ВВР – 20.
 Высокое разнообразие доминирующих
 сообществ.

Доминирующие виды: НВР – *E.acicularis*,
B.eradicatorum, *P.perfoliatus*, *M.spicatum*; ВВР –
P.australis, *B.maritimus*, *S.tabernaemontani*,
T.angustifolia.



Рисунок 21. Пятна плотных зарослей
 гелофита *P.australis*, гигрогелофита
B.maritimus и гидрофита *E.palustris* и
 единичных куртин гидрофитов в воде



Рисунок 22. Пятно зарослей *B.eradicatorum*

Ст.10 – Зарастающий пляж, д. Малая Ижора
 Степень зарастания в воде – средняя (20%), на берегу растительность из единичных особей пляжного комплекса.
 В воде – большие и маленькие пятна одноярусных моновидовых зарослей ВВР с доминированием *S.tabernaemontani* и погружённые скопления отмирающих нитчатых водорослей. На линии уреза воды широкая полоса гниющей растительности (рис. 23).
 Видовое разнообразие на ст. 10 – 3 вида:
 гидрофиты макроводоросли – 1;
 гелофиты – 2;
 гиригелофиты – 0;
 гирифиты – 0.
 ПП ВВР в воде – 20%.
 На ЛП10 – 3 вида: НВР – 1, ВВР – 2.
 Доминирующих сообществ – 1.
 Доминирующие виды: ВВР – *S.tabernaemontani*.
 Сообщества ВВР моновидовые.



Рисунок 23. Небольшие пятна зарослей *S.tabernaemontani* и широкая полоса гниющих выбросов вдоль линии уреза воды

Ст. 11 – Невская губа, канал около порта Бронка
 Степень зарастания на берегу – чрезмерная (80%), в воде – большая (30%).
 Растительность двухъярусная (рис. 24). На берегу одноярусный пояс водно-болотной растительности имеет равномерный сплошной характер распространения, доминирует *P.australis*, на краях и в проходах много сорной и луговой растительности. В воду заросли ВВР заходят узкой сплошной бордюрной полосой и небольшими пятнами. Пояс зарослей НВР располагается вдоль зарослей ВВР и состоит из мозаичных пятен гидрофитов. В пятнах встречены представители 5 экогрупп гидрофитов, доминируют плавающие гидрофиты. В сообществах встречен вселенец *E.canadensis* (рис. 25).
 Видовое разнообразие на ст. 11 – 25 видов:
 гидрофиты – 13, из них макроводорослей – 2, печеночных мхов – 1, сосудистых гидрофитов, погружённых укореняющихся – 4, укореняющихся с плавающими на поверхности воды листьями – 1, плавающих в толще воды – 4, плавающих на поверхности воды – 1;
 гелофиты – 4;
 гиригелофиты – 5;
 гирифиты – 3.
 ПП НВР – 30%;
 ПП ВВР на берегу – 70%, в воде – 30%.
 На ЛП11 – 20 видов: НВР – 13, ВВР – 7.
 Высокое разнообразие доминирующих сообществ.
 Доминирующие виды: НВР – *C.glomerata*, *S.emersum*, *N.lutea*, *S.sagittifolia*, *E.canadensis*, ВВР – *P.australis*, *T.angustifolia*, *S.tabernaemontani*,
 Сообщества НВР – 1-4 видовые, ВВР – 1-2 видовые.



Рисунок 24. Сплошные заросли гелофитов из *P.australis*, *S.tabernaemontani* и *T.angustifolia* вдоль берега и пятна погруженного гидрофита *S.emersum* и плавающих скоплений нитчатых водорослей в канале около порта Бронка



Рисунок 25. Заросли погружённых гидрофитов – *S.emersum* и *E.canadensis* с нитчатыми зигнемовыми водорослями

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В августе-сентябре 2019 г. выявлен состав флоры водной и прибрежно-водной растительности южного берега Восточной части Финского залива (Балтийское море), представленный 57 видами, из них: 47 видов сосудистых растений, 9 видов макроводорослей и 1 вид печёночных мхов. В составе видов водных биотопов (64% от всей флоры ВВР и НВР) обнаружено 37 видов макрофитов, в том числе 10 видов макрофитобентоса (водоросли и мхи) и 27 видов цветковых растений. Из них 30% относятся к ВВР и 70% – к НВР.

Большинство встреченных видов толерантны и пластичны, имеющие широкое распространение не только в Восточной части Финского залива, но и в других опреснённых заливах Балтийского моря. Встречено два редких вида, *A. gramineum* и *F. vesiculosus*, которые внесены в списки охраняемых растений СПб и ЛО.

Наиболее обильные и часто встречающиеся виды с высокой фитомассой среди ВВР – *S. tabernaemontani*, *P. australis* и *B. maritimus*, среди НВР – зелёные нитчатые водоросли *C. glomerata*, *U. intestinalis*, харовые водоросли *C. aspera* и сосудистые растения *E. acicularis*, *P. perfoliatus*, *P. pectinatus* и *Z. palustris*.

Флора водных биотопов исследованных местообитаний ограничена тремя экологическими типами: гидрофиты – 70%, гелофиты – 19%, гигрогелофиты – 11%. Гидрофиты представлены 5 экогруппами: макрофитобентос (макроводоросли и мхи) – 27%, укореняющиеся полностью погружённые гидрофиты – 27%, укореняющиеся с плавающими на поверхности воды листьями – 3%, плавающие в толще воды – 10%, плавающие на поверхности воды – 3%. В слабосоленоватоводных местообитаниях из гидрофитов встречены только погружённые укореняющиеся сосудистые гидрофиты и макрофитобентос.

БЛАГОДАРНОСТИ

Отбор и обработка проб макрофитов в ВЧФЗ в 2019 г. Финансировались: проектом Нордстрим-2 PO18-5330, Программой приграничного сотрудничества Эстония-Россия проектом «Adrienne». Данные для анализа представлены СПбНЦ РАН в рамках Госзадания FMRU-2023-002. Анализ полученных данных проведен по теме Госзадания ЗИН РАН № 122031100274-7 (Систематизация и изучение динамики биологического разнообразия и функционирования экосистем континентальных водоемов в условиях антропогенного воздействия и изменения климата).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Беляева Н.В., Григорьева О.И., Гуталь М.М. 2009. Обилие и константность как показатели участия вида в сложении растительной ассоциации // В сб. Актуальные проблемы лесного комплекса. №22. С. 68-74.

- Буданцев А.Л., Яковлева Г.П. 2006. Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области. М.: КМК. 799 с.
- Катанская В.М. 1981. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР. Методы изучения. Л: Наука. 187 с.
- Корелякова И.Л. 1997. Высшая водная растительность Восточной части Финского залива. ГОСНИОРХ. Л: Б.С.К. 158 с.
- Красная книга Ленинградской области: Объекты растительного мира / гл. ред. Д. В. Гельтман. 2018. СПб: Марафон. 848 с.
- Красная книга Санкт-Петербурга / Д. В. Гельтман (отв. ред.) и др. 2018. СПб: Дитон. 568 с.
- Папченко В.Г. 2001. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ. 214 с.
- Садчиков А.П., Кудряшов М.А. 2005. Гидрботаника: Прибрежно-водная растительность: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия. 240 с.
- URL: <http://www.plantarium.ru> (дата обращения: 01.2024).
- URL: <https://www.algaebase.org> (дата обращения: 01.2024).

8.4. Исследование методов защиты водоемов бассейна Финского залива с применением многоканальной ультразвуковой установки

Рыбакин В.Н.

Санкт-Петербургский Научный Центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ

Значительные экологические проблемы водоемов Санкт-Петербурга и Ленинградской области вызваны цветением вод в летнее время года за счёт массового развития цианобактерий (сине-зеленых водорослей или цианопрокариот). Оно сопровождается выделением токсинов (алкалоидов, низкомолекулярных пептидов и др.), которые, попадая в водную среду, вызывая интоксикацию и даже гибель водных организмов.

Массовое цветение вод приводит к обрастанию камней и гальки на обширной прибрежной полосе, что приводит к ухудшению рекреационных свойств побережий.

Возможным решением проблемы цианобактериального цветения вод является использование на водоемах ультразвука малой интенсивности. Опробованные в лабораторных и натуральных условиях ультразвуковых установки дают серьезное основание полагать, что в сочетании с биологическими и химическими методами они позволят добиться существенного продвижения в этом направлении (Румянцев и др., 2015).

8.4.1. Ультразвуковое устройство, материал и методы исследования

При проведении исследований в 2023 году совершенствовали многоканальную ультразвуковую установку для изучения особенностей воздействия акустического ультразвукового поля малой интенсивности на клетки цианобактерий (рисунок 8.17).

К основным внесенным изменениям в конструкцию установки в 2023 году относится замена стеклянных цилиндров, в которых находилась питательная среда с цианобактериями, специальными лабораторными емкостями (бутылками), которые позволили изменить режим аэрации культуры. Вместо постоянной аэрации был использован режим кратковременной подачи воздуха один раз в сутки, что больше соответствовало натурным природным условиям, поскольку не вызывало непрерывного перемешивания питательной среды. Особенностью методики отбора проб для проведения анализов был отказ от

перемешивания питательной среды с цианобактериями для изучения только клеток находящихся во взвешенном состоянии



Рисунок 8.17 – Общий вид многоканальной установки для изучения воздействия ультразвука малой интенсивности на клетки цианобактерий

Для работы каналов установки были выбраны частоты 40, 129, и 355 кГц, которые по полученным ранее данным наиболее эффективно влияют на процессы блокирования роста клеток цианобактерий (Румянцев и др., 2021). На рисунке слева представлена контрольная емкость, в которой находятся не облучаемые ультразвуком клетки цианобактерий. Также на рисунке можно увидеть специальные лампы, которые управляются с помощью реле времени. Такая система обеспечивает поддержание и контроль стабильных условий эксперимента. Внесенные изменения и усовершенствования должны позволить более точно определять параметры ультразвука, при которых будет наблюдаться эффект максимального подавления рост клеток цианобактерий в лабораторных условиях.

В ходе модернизации установки были установлены новые задающие генераторы (рисунок 8.18).



Рисунок 8.18 – Задающие генераторы ультразвуковых каналов

В первых тестовых опытах использовали искусственно поддерживаемые в лабораторных условиях чистые культуры токсигенных цианобактерий из доминирующих на северо-западе Российской Федерации, полученные из Коллекции цианобактерий, водорослей и паразитов водорослей (Collection of Algae of Leningrad University, CALU) Научного центра Санкт-Петербургского государственного университета.

Первая культура: 1766 *Synechocystis sp. str.* Smirnova-2014-C3. Место выделения: РФ, Новгородская область, озеро Короцко. Экоотоп выделения: нагонная масса цветения возле западного берега.

Вторая культура: 1823 *Synechococcus sp.str.* Kolesnichenko-K-69-2015. Место выделения: озеро Короцко. РФ, Валдайский район, Новгородская область. Экоотоп выделения: планктон, западный берег рядом с травянистым пляжем у деревни Короцко. Для проведения опытов клетки цианобактерий культивировали в 100 % среде Громова № 6. Экспериментальная культура выращивалась при однократном заселении емкостей с готовой средой инициальным количеством исходной культуры. Питательная среда из расчёта на 1 литр готовой суспензии создавалась из 900 мл 5 % среды Громова № 6 и 5 мл культуры, выращенной в 100 % среде Громова № 6 с доведением полученной смеси дистиллированной водой до 1 литра.

Штамм *Synechocystis sp.* представляет собой одноклеточные бактерии, иногда агрегирующие, которые достаточно равномерно распределялись по объему экспериментальной емкости (рисунок 8.19).

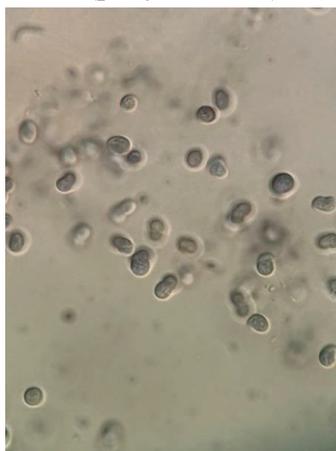


Рисунок 8.19 – Фотографии клеток *Synechocystis sp. str.* под микроскопом

Был проведен ряд экспериментов, исходной точкой для которых стали данные, полученные в предшествующие годы лабораторных исследований. Для оценки результатов работы на данном этапе применяли методики подсчета концентрации живых и мертвых клеток цианобактерий на флуоресцентном

микроскопе (Румянцев и др. 2021). Подсчет живых и мертвых клеток в пробах проводили в Лаборатории гидробиологии ИНОЗ РАН (обособленное подразделение СПб ФИЦ РАН).

Результаты

В качестве примера воздействия ультразвука на цианобактерии на рисунке 8.20 приведены данные по количеству клеток *Synechocystis sp. str.* - живых, мертвых и их общего количества в пробах, контрольной и находившихся под воздействием ультразвукового излучения малой интенсивности на частотах 40, 129 и 355 кГц, в период с 06.06 2023 по 19.06.2023 г.

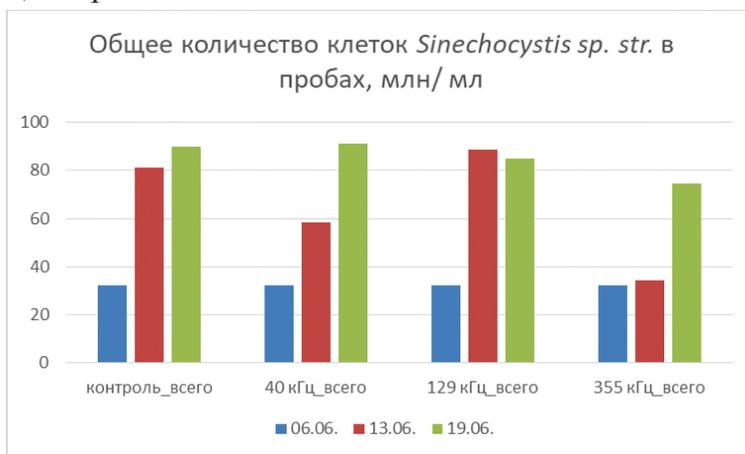


Рисунок 8.20 – Изменение количества клеток культуры *Synechocystis sp. str.* При различных режимах воздействия ультразвука в эксперименте с 06 по 19.06.2023 г.

Полученные результаты не противоречат данным, полученным автором ранее, и взятым из литературных источников:

- высокие частоты более эффективно воздействуют на клетки цианобактерий;
- необходимо некоторое время (от одной до нескольких недель) для того, чтобы это воздействие проявилось.

К сожалению, полученная в СПбГУ культура клеток *Synechococcus sp.str.* оказалась менее жизнеспособной и подтвердить в опытах с ней данные результаты не получилось.

Прделанная в 2023 году работа и полученные результаты позволяют говорить о том, что поставленная задача по созданию многоканальной ультразвуковой установки для изучения особенностей воздействия ультразвукового поля малой интенсивности на различных частотах выполнена. Следующим этапом работы будет освоение современных методов контроля за

изменениями, происходящими в клетках цианобактерий при воздействии на них ультразвукового поля малой интенсивности и подбор наиболее эффективных параметров акустического воздействия для блокирования развития клеток цианобактерий и возникновения «цианобактериального цветения» водоемов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Румянцев В.А., Крюков Л.Н., Рыбакин В.Н. Киселев Е.Ю. Проблема «цветения» сине-зелёных водорослей и пути её решения / ред. Ж.И. Алферов, О.В. Белый, Г.В. Двас, Е.А. Иванова // Перспективные направления развития науки в Петербурге» – СПб: Изд-во ИП Пермяков С.А., 2015.
- Румянцев В.А., Рыбакин В.Н., Рудский И.В., Коровин А.Н. Воздействие ультразвука малой интенсивности на состояние токсигенных цианобактерий // Доклады Академии наук. Науки о Земле. – 2021. – Т. 498. – С. 101-104.

ГЛАВА 9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППИРОВКИ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ: РАССЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ИСТОЧНИКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ И ИЗДЕРЖЕК

*М.И. Орлова¹⁾, Е.В. Строгова¹⁾, В.М. Хайтов²⁾, В.С. Котельникова¹⁾, М.В. Лягун¹⁾,
В.В. Кузьмин¹⁾

¹⁾ ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

²⁾ Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных. Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: om@spbrc.nw.ru

ВВЕДЕНИЕ

В данной главе представлены преимущественно результаты исследования наиболее важного компонента сообществ уровня консументов – водных беспозвоночных.

Полевые исследования, результаты которых изложены в первых двух разделах Главы, были проведены в форме комплексных экспедиций в 2019-2021 гг. и в период с 28 июня по 9 ноября 2023 г. на прибрежных акваториях южного берега ВЧФЗ в соответствии с идеологией интегративного подхода (Глава 2, рисунок 2.1, 2.2). Цели экспедиционных работ и последующей камеральной обработки материала:

– выбор наиболее важных групп водных беспозвоночных – экологических (различные ассоциации планктонных и донных организмов) и таксономических (в ранге вида или совокупности видов одного рода) через исследование планктонных и донных частей их метапопуляций для последующей оценки функциональных показателей ключевых элементов, обеспечивающих соответствующие экосистемные услуги (связанные с формированием качества воды) и издержки (связанные с развитием биопомех, вызываемых обрастанием);

– продолжение накопления материалов для картирования и исследования пространственного распределения и динамики различных ключевых компонентов планктона и макробентоса на формируемой сети наблюдений (рисунок 2.5) с целью определения расселительного потенциала наиболее значимых видов и таксонов, других показателей: исходных, расчётных и интегральных;

– апробации различных методов ГИС-моделирования пространственного распределения характеристик донных группировок гидробионтов.

Третий раздел главы не привязан непосредственно к экспедиционным работам, будучи аналитическим обзором работ, выполненных ранее и

представляет собой многоплановое описание видов (родов)-эдификаторов водных беспозвоночных, встречающихся, в том числе, в Финском заливе, с точки зрения выбора адекватных мишеней для планирования стратегий защиты гидротехнических сооружений – типичных разнообразных техногенных биотопов, встречающихся на многих участках работ, прежде всего в районах кластеров – транспортно-логистического и ядерного. Вместе с тем, экспедиционные работы предоставляют дополнительный материал для производственного мониторинга биопомех и прогностических исследований. Данный раздел имеет и практическое назначение – он может быть использован при исследовании хозяйствующих субъектов методом информационно-аналитических опросов (метод описан в Главе 2 как часть интегративного подхода, разработка раздаточного материала имеется в Отчет..., 2023) как дополнительный материал, расширяющий представления практиков и природопользователей о биологии конкретных видов и об общих закономерностях формирования биопомех в прибрежных морских и отдельных континентальных водоёмах за счёт одного из донных сообществ гидробионтов – обрастания. В значительной мере для такого понимания предназначен и раздел, открывающий Главу 9, содержащий описание личиночного меропланктона – планктонных частей метапопуляций обрастателей.

9.1. Результаты исследований меропланктона – расселительных стадий донных организмов – обрастателей и представителей инфауны

Для исследований таксономического состава, количественных показателей, расселительного потенциала и функционального значения меропланктона, сформированного преимущественно личиночными популяциями вселенцев-обрастателей и вселенцев-обитателей мягких грунтов зон бассейновой аккумуляции, были использованы преимущественно результаты камеральной обработки проб, собранных в 2023 г. в интенсивном режиме наблюдений в водотоках (естественном и техногенных) и на основной акватории наблюдений, на локальностях, обследуемых на ежегодной основе.

9.1.1. Таксономический состав меропланктона

Меропланктон был представлен личинками усоногого рачка *Amphibalanus improvisus* (рисунок 9.1) и двустворчатых моллюсков – *Dreissena polymorpha* и еще трёх видов *Bivalvia* (рисунок 9.2), точная идентификация которых была затруднена вследствие деформации створок раковины велигера при фиксации, а также личинками группы видов полихет рода *Marenzelleria*. Была обнаружена и

неидентифицированная личинка сем. Sabellidae, предположительно рода *Fabricia*, ранее в ВЧФЗ не отмечавшегося (рисунок 9.3). В настоящее время (в течение 4 лет) в заливе зарегистрирована (в Копорской и Лужской губе) из представителей данного семейства седентарных многощетинковых червей постоянно и локально (незначительный участок в Лужской Губе и в искусственных водотоках Копорской Губы) только *Laonome sp.* (Орлова, 2022), взрослые особи которой обнаружены и в донных пробах, собранных в 2023 г. на акватории вблизи Ленинградской атомной станции.

В меропланктоне также присутствовали статобласты (флотобласты) мшанки рода *Plumatella*.

9.1.2. Результаты интенсивных наблюдений

9.1.2.1. Описание динамики пребывания различных видов в планктоне в течение периода наблюдений

Благодаря продолжительному периоду интенсивных наблюдений и охвату позднесеннего сезона, на некоторых участках отбора проб в 2022-2023 годах (на большинстве станций в 2023 году такие наблюдения проводились в период с конца апреля до ноября), были получены данные о продолжительности пребывания расселительных стадий донных беспозвоночных, в том числе вселенцев, в планктоне. Оказалось, что личиночный меропланктон присутствует в водной толще на протяжении значительной части года, включая осенние месяцы (рисунки 9.4 – 9.6).

Меропланктонные личинки *A. improvisus* доминируют и демонстрируют растянутый период пребывания в пелагиали водоёма - они встречены в сборах зоопланктона в Липовской протоке и в каналах 2 очереди ЛАЭС начиная со второй половины мая и по август во все даты отбора проб, со снижением количества к июлю.

Велигеры *D. polymorpha* встречены в планктоне каналов 2 очереди ЛАЭС со второй половины мая до начала августа.

Меропланктонные личинки других видов двустворчатых моллюсков-вселенцев: *Rangia cuneata* в незначительных количествах встречались эпизодически с середины июня до конца сентября; малочисленные в 2022-2023 гг. велигеры *Mytilopsis leucophaeata* регулярно обнаруживались в пробах из каналов 2 очереди ЛАЭС. Численность этого вида в сравнении с периодом наблюдения 2015-2016 гг (рисунок 2.4), когда функционировали 4 блока АЭС, имевшие открытую систему охлаждения, упала на несколько порядков. Пик численности велигеров аборигенного вида *Macoma baltica* в тех же биотопах

отмечен в начале августа, в другие даты отбора проб этот вид был обнаружен только в мае в Липовской протоке. В ноябре в Липовской протоке наблюдался пик численности у личинок полихет р. *Marenzelleria*.

9.1.2.2. Структура меропланктона в отдельные даты и периоды наблюдений

В структуре меропланктона Липовской протоки наблюдалось доминирование личинок отдельных видов и групп донных беспозвоночных по месяцам: личинки полихет р. *Marenzelleria* преобладали в апреле и в ноябре; велигеры *M. baltica* – в мае, личинки *A. improvisus* – с середины июня по конец июля, статобласты (флотобласты) мшанки р. *Plumatella* - в сентябре (рисунок 9.4). Велигеры *D. polymorpha* и *R. cuneata* в меропланктоне данной локальности отсутствовали.

Изменения структуры меропланктона в каналах 2 очереди ЛАЭС были сходными. Так, с середины мая до второй половины июня доминировали личинки баянуса, далее, июле – велигеры *D. polymorpha*, потом, в августе – личинки двусторчатого моллюска *M. baltica*, и до конца сентября в меропланктоне, преимущественно, находились статобласты (флотобласты) мшанки р. *Plumatella* (рисунок 9.4).



Рисунок 9.1 – Личинки усонюгих раков: слева – ранняя стадия (науплиус), справа – поздняя стадия (циприсовидная личинка) из количественных проб 2023 г. (фотографии Е.В. Строговой)

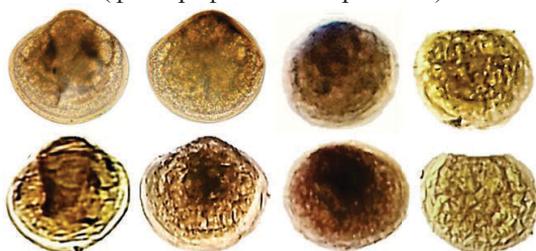


Рисунок 9.2 – Личинки двусторчатых моллюсков - Слева направо друг над другом: велигеры *Dreissena polymorpha*, велигеры *Mytilopsis leucophaeata*, велигеры *Rangia cuneata*, велигеры *Macoma baltica* (фотографии Л.П. Флячинской, Е.В. Строговой)



Рисунок 9.3 – Личинки многощетинковых червей двух семейств *Spionidae* (слева), *Sabellidae* (справа), к которым принадлежат чужеродные виды многощетинковых червей ВЧФЗ. Слева – личинка *Marenzelleria*, справа – предположительно *Fabricia*. из количественных проб 2023 г. (фотографии Е.В. Строговой)

9.1.2.3. Количественное развитие меропланктона (численность) по результатам интенсивных наблюдений

В Липовской протоке плотность личиночной части локальных популяций:

- *A. improvisus* была свыше 3 000 экз./м³ (в июне);
- полихет р. *Marenzelleria* – свыше 5 800 экз./м³ (в ноябре);
- других видов и групп меропланктона: двустворчатых моллюсков *R. cuneata*, *M. baltica*, также других *Polychaeta* была меньше 100 экз./м³.

В сбросном канале 2 очереди ЛАЭС плотность личиночной части локальных популяций:

- *A. improvisus* была свыше 2 800 экз./м³ (в июне);
- *M. baltica* - свыше 1 300 экз./м³(в августе);
- других видов и групп меропланктона:
 - двустворчатого моллюска *M. leucophaeata* и неидентифицированных *Polychaeta* была больше 100 экз./м³;
 - двустворчатых моллюсков *D. polymorpha*, *R. cuneata* и полихет р. *Marenzelleria* была меньше 100 экз./м³.

В подводящем канале 2 очереди ЛАЭС плотность личиночной части локальных популяций:

- *A. improvisus* была свыше 680 экз./м³ (в мае);
- *D. polymorpha* - свыше 630 экз./м³(в июле);
- *M. baltica* - свыше 5000 экз./м³(в августе);
- других видов и групп меропланктона: двустворчатых моллюсков *M. leucophaeata* *R. cuneata* и полихет р. *Marenzelleria* была больше 100 экз./м³.

9.1.3. Результаты однократных (ежегодных, экстенсивных) наблюдений

9.1.3.1. Распространение меропланктона в районе наблюдений

Период обследования выбранных в 2021 г. 30 станций экстенсивных наблюдений (Отчет..., 2023) за зоопланктоном на общей сети (рисунок 2.5) и в рыбохозяйственных водотоках занял промежуток времени с конца июня и до середины сентября, что не позволяет интерпретировать данные однозначно в аспекте пространственного распределения.

Рыбохозяйственные водотоки

Чужеродный меропланктон (личинки *D. polymorpha*) на момент пробоотбора в конце июня 2023 г. обнаружен в р. Луга и в р. Лужица. Меропланктонные личинки других видов двустворчатых моллюсков также присутствовали в планктоне: личинки вселенца *R. cuneata* в незначительных количествах обнаружены в р. Лужица, в р. Луга единично выявлены велигеры аборигенного вида *M. baltica*. Личинки полихет обнаружены и в р. Лужица и в р. Хаболовка в районе угольного терминала порта Усть-Луга.

Морская акватория

Олигогалинная зона

Участки с естественным термическим режимом

В начале июля в западной части Лужской Губы в р-не побережья вблизи Лутовского маяка в пробах с трех станций найдены личинки *D. polymorpha*, *R. cuneata* и *M. baltica*, но большую часть численности меропланктона составляли личинки усонного рачка *A. improvisus*.

В начале августа в литоральной зоне Копорской Губы (мелководье), в зоне слабого подогрева, близко к пляжу г. Сосновый Бор обнаружены личинки четырёх видов двустворчатых моллюсков, в том числе трех чужеродных: *D. polymorpha*, *M. leucophaeata*, *R. cuneata*, и один аборигенный – *M. baltica*. Кроме того, здесь встречены и личинки усонного рачка *A. improvisus*.

В начале августа в Нарвском заливе (Кургальский риф) меропланктон состоял только из небольшого числа личинок полихет, также, как и в сбросном канале 1 очереди ЛАЭС (недействующий) в конце сентября.

Участки в зоне подогрева ЛАЭС

В период обследования, в конце августа, в Копорской Губе в зоне подогрева от ЛАЭС в водной толще практически отсутствовал меропланктон, за исключением единичных велигеров *D. polymorpha*. В зоне слабого подогрева, вблизи мыса Устинский, где впадает р. Коваш и на участке между Лужской и

Копорской Губой единично встречались личинки *M. leucophaeata* и в небольшом количестве – личинки усоного рачка *A. improvisus*.

Пресноводно-олигогалинная зона

В составе меропланктона из мелководного опреснённого района, вне зоны подогрева в середине сентября в небольшом количестве присутствовали только личинки усоного рачка *A. improvisus*. В самой восточной части залива непосредственно перед дамбой (комплекс защитных сооружений, наиболее опресненная часть исследуемого района) личиночный меропланктон отсутствовал. Это может быть связано как с завершением вегетационного сезона на момент наблюдения, так и с опреснением – фактором, лимитирующим расселение видов-талассоидов, к которым относится большинство вселенцев Финского залива.

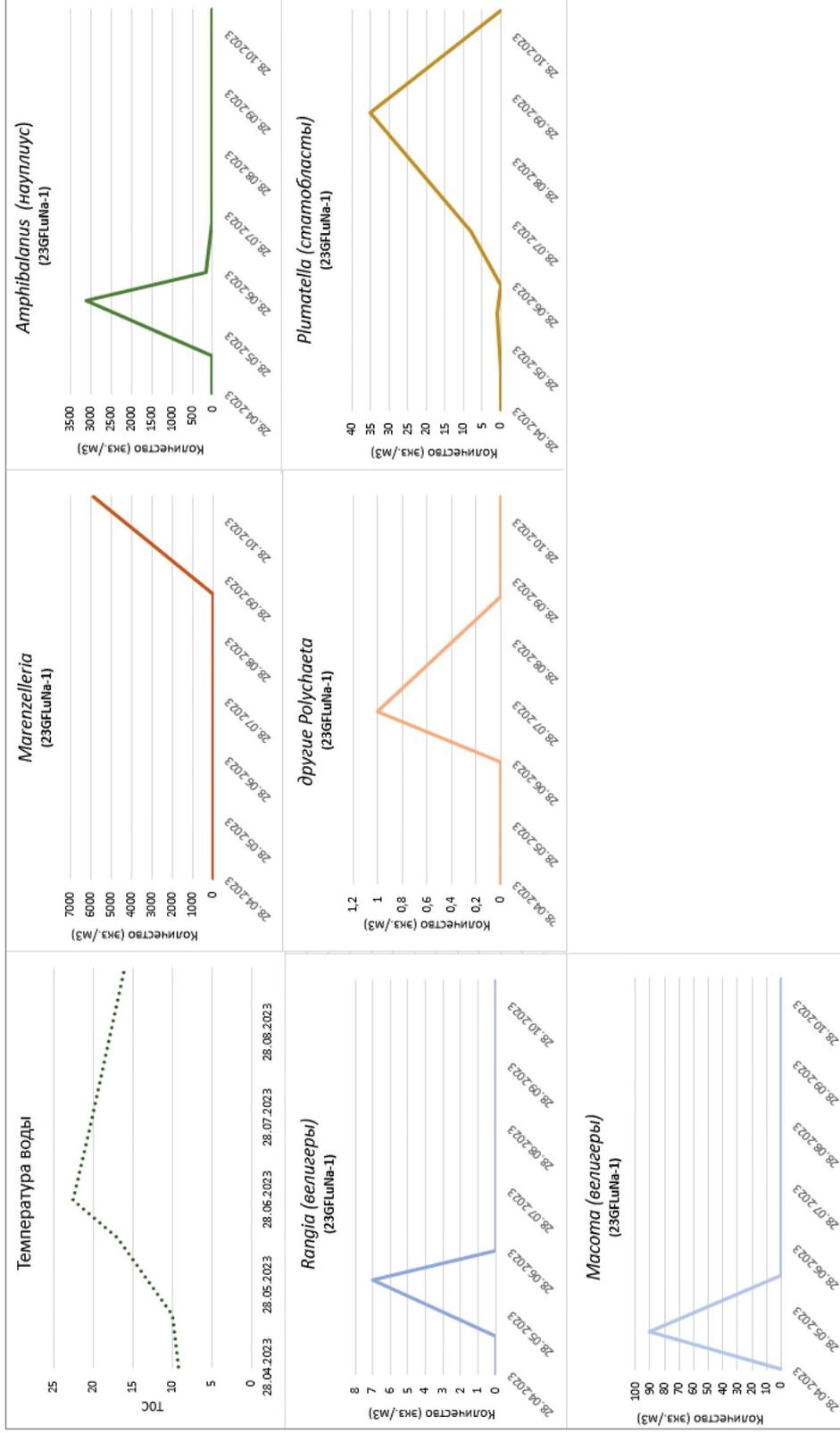


Рисунок 9.4– Графики сезонного хода температуры поверхностного слоя воды и динамики численности меропланктонного сообщества в 2023 году в Липовкей протоке (локальность 23GFLuNa-1)

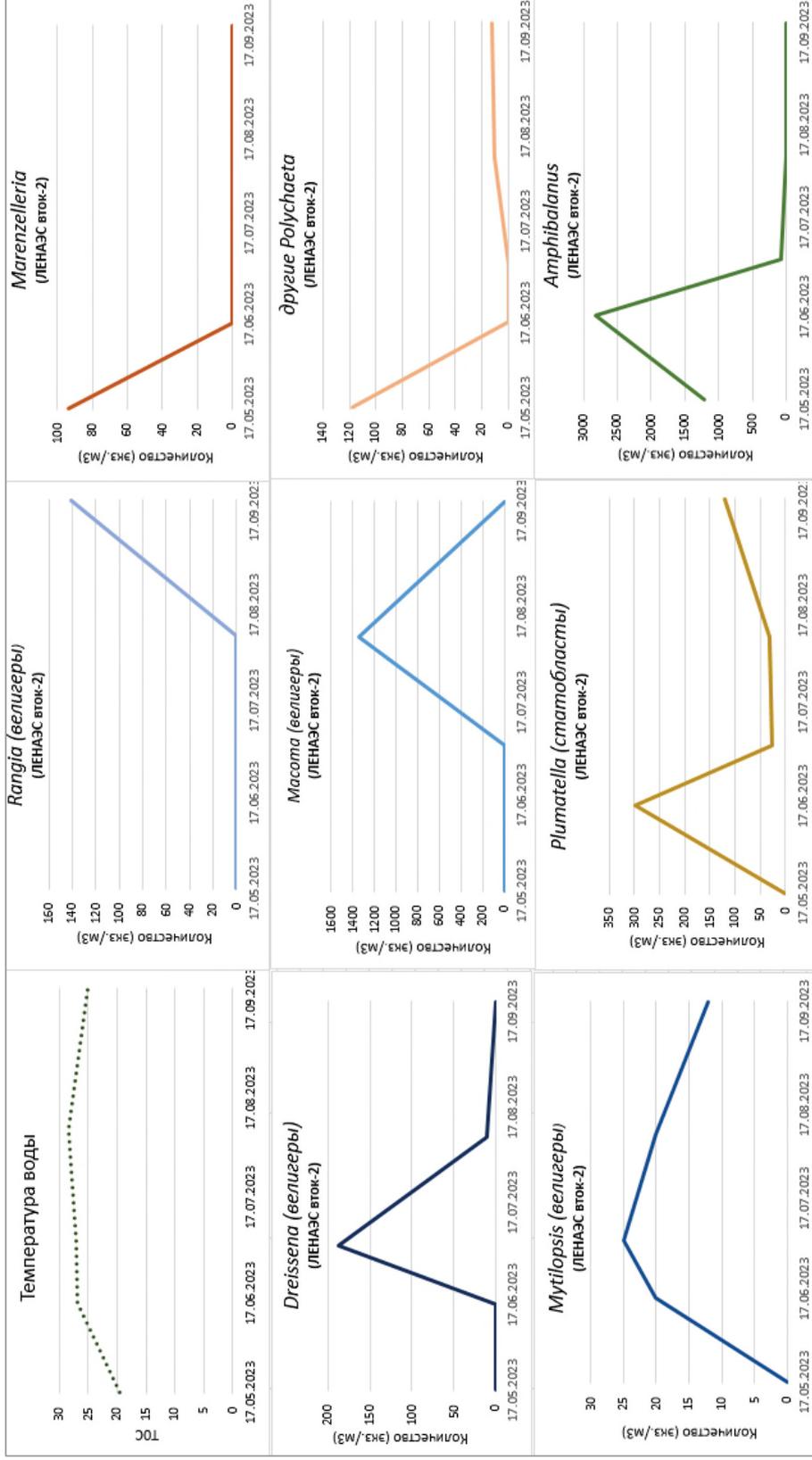


Рисунок 9.5 – Графики сезонного хода температуры поверхностного слоя воды и динамики численности меропланктонного сообщества в 2023 году в подогреваемом водотоке (локальность Выток-2)

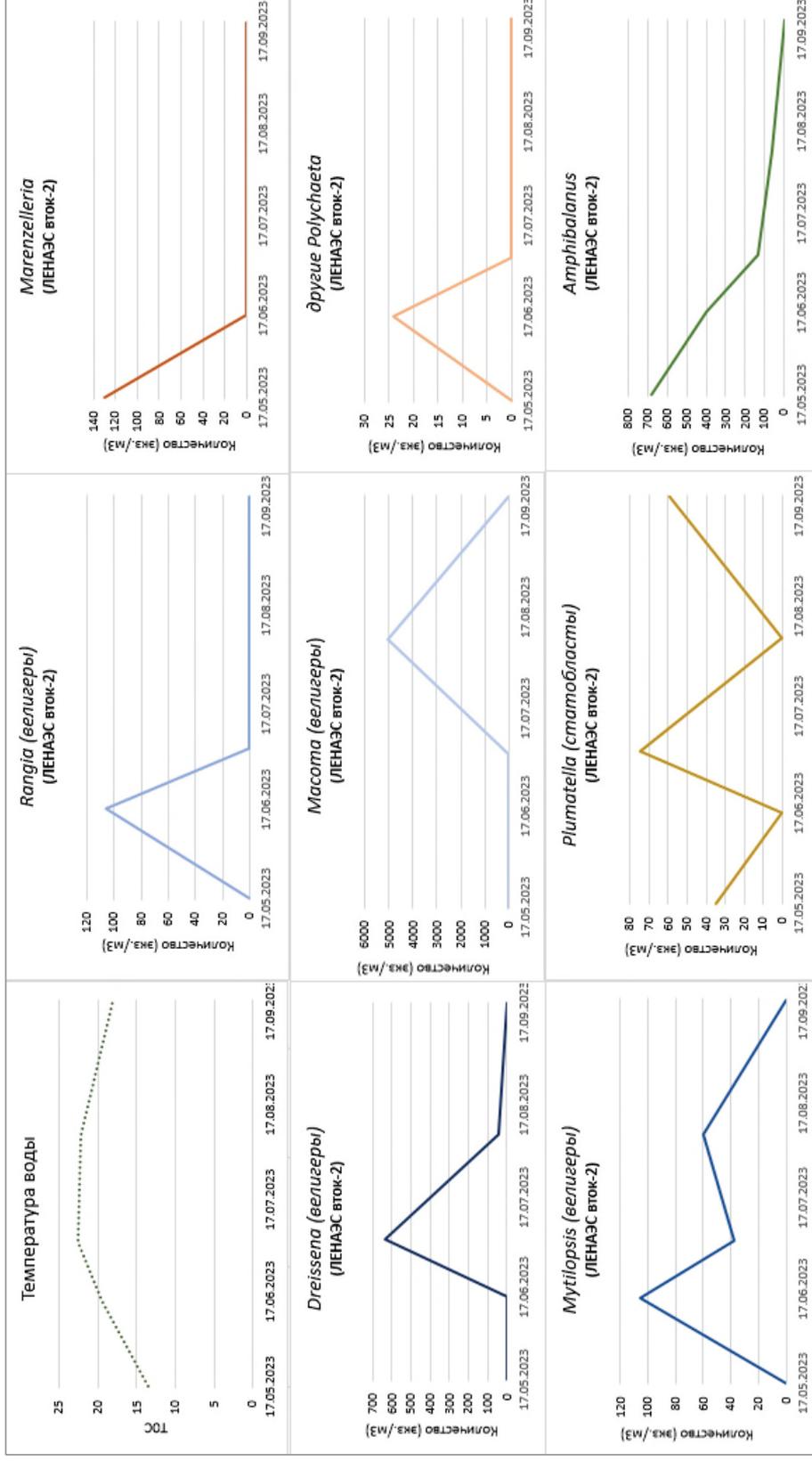


Рисунок 9.6– Графики сезонного хода температуры поверхностного слоя воды и динамики численности меропланктонного сообщества в 2023 году в техногенном водотоке без подогрева (локальность вток-2)

9.1.3.2. Количественное развитие меропланктонных популяций (численность) по результатам экстенсивных наблюдений

В р. Лужица (взморье, Лужская Губа) в конце июня плотность личиночной части локальной популяции *D. polymorpha* была свыше 4 600 экз./м³.

В западной части Лужской Губы в июле плотность личиночной части локальной популяции *A. improvisus* была свыше 1 600 экз./м³.

В районе побережья вблизи Лутовского маяка в июле плотность личиночной части локальной популяции *A. improvisus* была свыше 1 000 экз./м³.

На оставшихся станциях, представленных в таблице 9.1 максимальная плотность личиночной части локальных популяций отдельных видов и групп меропланктона была немного больше или меньше 100 экз./м³.

Наиболее распространенными (Таблица 9.1) в 2023 г. были личинки *A. improvisus* (на 10 станциях), но его максимальная плотность была немного ниже, чем у личиночной части локальных популяций двустворчатого моллюска аборигенного вида *M. baltica* и у личинок полихет р. *Marenzelleria*, у которых территория распространения по акватории меньше (обнаружены на 6-ти и на 3-х станциях, соответственно).

Встречаемость других групп и видов меропланктона по станциям распределилась так: личинки *D. polymorpha* – обнаружены на 9 станциях отбора гидробиологических проб; личинки *M. leucophaeata* – на 5-ти; личинки *R. cuneata* – на 7-ми; личинки *Polychaeta* – на 7-ми; статобласты (флотобласты) мшанки р. *Plumatella* – на 6-ти.

9.1.4. Оценка расселительного потенциала массовых донных беспозвоночных-средообразователей и источников биопомех в 2023 г.

В 2023 году, как по результатам сезонных (интенсивных) наблюдений (9.1.2), так и по результатам однократных (экстенсивных) наблюдений (9.1.3), зарегистрирована критическая плотность популяций четырёх видов и групп меропланктона, превышающая барьерную величину в 1 000 экз./м³, установленную наблюдениями за формированием биопомех, (Claudi, Mackie, 1994) (Таблица 9.1). Это характеризует расселительный потенциал личиночной части метапопуляций этих видов как достаточный для массового оседания и колонизации (реколонизации) естественных донных биотопов и гидротехнических сооружений.

Таким образом, благодаря биологическим инвазиям и состоянию донных и разнообразию естественных и техногенных биотопов на акватории ВЧФЗ сформировалась и сохраняется новая экологическая группировка – личиночный

меропланктон, который при заметной многолетней изменчивости количественного развития наиболее теплолюбивых компонентов, сохраняет состав доминирующих групп, пополняется новыми элементами и присутствует в заливе на разных его участках, не только в теплое время, но также с весны и до глубокой осени. В отдельные периоды и моменты она характеризуется достаточным расселительным потенциалом для пополнения донных популяций на естественных участках и заселения технических объектов.

Таблица 9.1 – Распространение и критические значения плотности личиночной части локальных популяций отдельных видов и групп донных беспозвоночных-эдификаторов на станциях отбора гидробиологических проб в 2023 г.

№	станция	Bivalvia (двустворчатые моллюски)				Polychaeta (многощетинковые черви)		Cirripedia (усоногие ракообразные)	Temtaculata (мшанки)
		Dreissena	Mytilopsis	Rangia	Macoma	Marenzelleria	Другие Polychaeta	Amphibalanus	Plumatella
1	23GFLuNa-1			< 100	< 100	> 1000	< 100	> 1000	< 100
2	ЛЕНАЭС выток-2	< 100	> 100	< 100	> 1000	< 100	> 100	> 1000	> 100
3	ЛЕНАЭС выток-2	> 500	> 100	> 100	> 1000	> 100	< 100	> 500	< 100
4	ЛЕНАЭС выток-1						< 100		< 100
4	23GFLuRi-1	> 100			< 100				
4	23GFVybrI-1								< 100
4	23GFLuzhRi-2	> 1000		< 100			> 100		
4	23GFKhabRi-1						< 100		
4	A-51_rep	< 100						> 1000	
4	21GFLuLu-1_rep	< 100		< 100				> 1000	
4	21GFLuLu-7_rep	< 100		< 100	< 100			< 100	< 100
4	23GF_B24 (23_B_24)	< 100	< 100	> 100	< 100			< 100	
4	Кургальский залив						< 100		
4	23GF_B_30A (rep)		< 100					< 100	
4	23GF_Кор16_rep	< 100							
4	23GF_Кор17_rep		< 100					< 100	
4	23GF_C57 rep на 24 год (23_C_57)								
4	D1_rep							< 100	

Обозначение: максимальная плотность личиночной части локальных популяций отдельных видов и групп меропланктона:

< 100	– менее 100 экз./м ³
> 100	– более 100 экз./м ³ , но менее 500 экз./м ³
> 500	– более 500 экз./м ³ , но менее 1000 экз./м ³
> 1000	– гарантирующая оседание личинок численность более 1000 экз./м ³

9.1.5. Первичная оценка функциональных показателей планктонных популяций ключевых видов обрастателей как основа дальнейших исследований, обеспечиваемых ими экосистемных услуг и издержек

В 2023 г. были проведены исследования открытых источников и выбраны уравнения зависимости эколого-физиологических показателей, определяющих экосистемные функции, от массы тела особей, а также коэффициенты для расчета продукционных характеристик (таблица 9.2) планктонных популяций массовых двустворчатых моллюсков-обрастателей. В таблицах 9.3 – 9.4 приведены результаты расчётов для популяций конкретных локальностей ВЧФЗ.

Таблица 9.2 – Материалы для оценки функциональных показателей меропланктона (велигеров дрейссенид и др. моллюсков) (рабочие материалы обобщения литературных данных)

№ п/п	Содержание	Символы, формализация	Эмпирические данные	Литературный источник
1	Скорость фильтрации (F) (мл/ ч), W - масса (г сырого в-ва), a и b – коэффициенты, определяющие форму зависимости между переменными F и W	$F = a W^b$	$F = 79,25 W^{0,66}$ ($n = 18$; $R^2 = 0,87$, где n - количество наблюдений в выборке; R^2 - коэффициент детерминации) 0,0137 мл/ч. экз (особь) или 0,3295 мл/сут. экз (особь) для велигера $L=200\text{мкм}$, $m=0,002\text{мг}$	Обобщение литературных данных Жукова, 1999;
2	Скорость фильтрации (суточная), (мл/экз. сут)	F_c	0,33 мл/экз. сут	MacJsaac et fl., 1992;
3	Скорость фильтрации (за час), (мкл/экз. ч)	F_u	2,6 – 17,5 мкл/экз. ч	MacJsaac et fl., 1992; Dionisio Pires et fl., 2004
4	Средняя скорость фильтрации , (мл/ч)	F_u	35 мл/ ч на 1г живого веса дрейссены	Жукова, 2013
5	Интенсивность фильтрации (I_c) (суточная) (мл/м ²); F_c - суточная скорость фильтрации (мл/экз. сут); N - средневзвешенная численность фильтраторов , (экз./м ² , экз./м ³)	$I_c = F_c N$		Лазарева, 2010
6	Продукция P (суточная), (мг/м ² , ккал/м ²), P/V – коэффициент, V - биомасса , (мг/м ³ , мг/м ²)	$P_c = P/V \times V$		Обобщение литературных данных

Продолжение таблицы 9.2

№ п/п	Содержание	Символы, формализация	Эмпирические данные	Литературный источник
7	Скорость оборачиваемости биомассы («turnover rate»); среднесезонное значение удельной скорости продукции; удельная продукция (суточная)	P/V –коэффициент C_b (для взрослых моллюсков?..)	0,26 сут⁻¹ (или 0,23 - 0,29 сут⁻¹) - для велигеров на планктонной стадии; (0,017 - 0,082 сут⁻¹) - для осевших велигеров 0,0013-0,0014 сут⁻¹ для <i>Dreissena, Mytilopsis</i> ; 0,0001-0,0040 сут⁻¹ для <i>Mасота</i> ; 0,0200 сут⁻¹ для <i>Rangia</i> .	Алимов, 1981; Шевцова, 1971; Hillbricht-Plkowska, Stanczykowska, 1969; Заика, 1972; Заика, 1983; Алимов, 1981
8	Продукция P (суточная), (г/м ² , ккал/м ²), C_b - удельная продукция (суточная) (сут ⁻¹); B - биомасса , (мг/м ³ , мг/м ²)	P = C_b B (для взрослых моллюсков?..)		Заика, 1972; Заика, 1983; Алимов, 1981
9	Скорость потребления (Y) кислорода (мг O ₂ /ч), X - масса организмов, a и b – коэффициенты, определяющие форму зависимости между переменными Y и X	Y = a X^b	Y = 0,056 X^{0,66} (n = 33; R² = 0,95 , где n - количество наблюдений в выборке; R² - коэффициент детерминации) 9,7×10⁻⁶ мг O₂/ч. экз (особь) или 0,00023 мг O₂/сут. экз (особь) для велигера L=200мкм, t=0,002мг	Обобщение литературных данных Жукова, 1999;
10	Интенсивность потребления (I_c) кислорода (суточная) (мг O ₂ /м ²); Y_c - суточное потребление кислорода (мг O ₂ /сут. экз); N - средневзвешенная численность фильтраторов , (экз./м ² , экз./м ³)	I_c = Y_c N		
11	Скорость экскреции (Y) фосфатов (мкг P/ч), X - масса организмов, a и b – коэффициенты, определяющие форму зависимости между переменными Y и X	Y = a X^b	Y = 0,182 X^{0,545} (n = 15; R² = 0,87 , где n - количество наблюдений в выборке; R² - коэффициент детерминации) 1,43×10⁻⁴ мкг P/ч. экз (особь) или 0,0034 мкг P /сут. экз (особь) для велигера L=200мкм, t=0,002мг	Обобщение литературных данных Жукова, 1999;

Продолжение таблицы 9.2

№ п/п	Содержание	Символы, формализация	Эмпирические данные	Литературный источник
12	Интенсивность экскреции (I_c) фосфатов (суточная) (мкг P/м ²); Y_c - суточная экскреция фосфатов (мкг P /сут. экз); N - средневзвешенная численность фильтраторов, (экз./м ² , экз./м ³)	$I_c = Y_c N$		
13	Скорость экскреции (Y) аммонийного азота (мкг N/ч), X - масса организмов, a и b – коэффициенты, определяющие форму зависимости между переменными Y и X	$Y = a X^b$	$Y = 1,925 X^{0,557}$ ($n = 17$; $R^2 = 0,79$, где n - количество наблюдений в выборке; R^2 - коэффициент детерминации) 0,0013 мкг N/ч. экз (особь) или 0,0309 мкг N/сут. экз (особь) для велигера $L=200\text{мкм}$, $t=0,002\text{ме}$	Обобщение литературных данных Жукова, 1999;
14	Интенсивность экскреции (I_c) аммонийного азота (суточная) (мкг N /м ²); Y_c - суточная экскреция аммонийного азота (мкг N /сут. экз); N - средневзвешенная численность фильтраторов, (экз./м ² , экз./м ³)	$I_c = Y_c N$		

Таблица 9.3 – Количественные характеристики локальных популяций (**N**, **B**) и рассчитанные суточные величины показателей функционирования меропланктона (на примере велигеров дрейссены) на станциях сети наблюдений в восточной части Финского залива

Станция	Дата	N (экз/м ³)	B (мг/м ³)	I_c Интенсивность фильтрации (суточная) (мл/м ²)	P_c Продукция (суточная) (мг/м ²)	I_c Интенсивность потребления (суточная) O ₂ (мг O ₂ /м ²)	I_c Интенсивность экскреции фосфатов (суточная) (мкг P/м ²)	I_c Интенсивность экскреции аммонийного азота (суточная) (мкг N/м ²)
Локальности, расположенные в водотоках								
Локальность выток-2	03.07.2023	188	0,376	62,04	0,09776	0,04324	0,6392	5,8092
Локальность выток-2	07.08.2023	10	0,02	3,3	0,0052	0,0023	0,034	0,309
локальность забор-2	03.07.2023	638	1,276	210,54	0,33176	0,14674	2,1692	19,7142
локальность вток-2	07.08.2023	40	0,08	13,2	0,0208	0,0092	0,136	1,236
Локальность 23GLu Ri-1	28.06.2023	280	0,56	92,4	0,1456	0,0644	0,952	8,652

Продолжение таблицы 9.3

Локальность 23GFLuzh Ri- 2	29.06.2023	4620	9,24	1524,6	2,4024	1,0626	15,708	142,758
Локальности, расположенные на акватории залива								
A-51_rep	07.07.2023	20	0,04	6,6	0,0104	0,0046	0,068	0,618
21GFLu Lu- 1_rep	07.07.2023	10	0,02	3,3	0,0052	0,0023	0,034	0,309
21GFLu Lu- 7_rep	07.07.2023	10	0,02	3,3	0,0052	0,0023	0,034	0,309
23GF_B24 (23 В 24)	08.08.2023	10	0,02	3,3	0,0052	0,0023	0,034	0,309
23GF_Кор16 rep	25.08.2023	1	0,002	0,33	0,00052	0,00023	0,0034	0,0309

Таблица 9.4 – Количественные характеристики локальных популяций (**N**, **B**) и рассчитанные суточные величины показателей функционирования меропланктона Суточные показатели функционирования меропланктона (на примере велигеров *Mytilopsis*) на станциях сети наблюдений в восточной части Финского залива

Станция	Дата	N (экз/м ³)	B (мг/м ³)	I_c Интенсивность фльтрации (суточная) (мл/м ²)	P_c Продукция (суточная) (мг/м ²)	I_c Интенсивность потребления (суточная) O ₂ (мг O ₂ /м ²)	I_c Интенсивность экскреции фосфатов (суточная) (мкг P/м ²)	I_c Интенсивность экскреции аммонийного азота (суточная) (мкг N/м ²)
Локальность выток-2	14.06.2023	20	0,04	6,6	0,0104	0,0046	0,068	0,618
Локальность вток-2	14.06.2023	106	0,212	34,98	0,05512	0,02438	0,3604	3,2754
Локальность выток-2	03.07.2023	25	0,05	8,25	0,013	0,00575	0,085	0,7725
Локальность забор-2	03.07.2023	38	0,076	12,54	0,01976	0,00874	0,1292	1,1742
Локальность выток-2	07.08.2023	20	0,04	6,6	0,0104	0,0046	0,068	0,618
Локальность вток-2	07.08.2023	60	0,12	19,8	0,0312	0,0138	0,204	1,854
23GF_B24 (23 В 24)	08.08.2023	20	0,04	6,6	0,0104	0,0046	0,068	0,618
23GF_В_30А (rep)	24.08.2023	2	0,004	0,66	0,00104	0,00046	0,0068	0,0618
23GF_ Кор17_rep	24.08.2023	15	0,03	4,95	0,0078	0,00345	0,051	0,4635

9.2. Макробентос восточной части Финского залива и значение чужеродных видов в формировании перифитона и инфауны

Данный раздел носит первичный характер, предполагается по итогам пяти лет наблюдений (с 2024 годом включительно) накопленные материалы опубликовать в самостоятельном издании монографической серии «Экология и природные ресурсы», посвященном подводным ландшафтам, планктонным и донным беспозвоночным района работ.

В настоящем виде раздел подготовлен по уже имеющемуся описанию состояния донных сообществ (также ниже используются в качестве синонимов понятия «экологическая группировка», «группировка», «ассоциация») ВЧФЗ в 2019-2020 гг., изложенному в Орлова, 2022 с дополнением по «безжизненным» участкам (подраздел 9.2.1). Приведены результаты пространственных исследований – ГИС-экстраполяции общих количественных показателей (биомассы зообентоса и фитомассы) и характеристик видового разнообразия бентоса (беспозвоночных) с применением метода построения отдельных аддитивных моделей (GAM, гауссово распределение, двумерный сплайн по географическим координатам) (подраздел 9.2.2) и статистического анализа структуры донных экологических группировок с использованием метода главных компонент (подраздел 9.2.3). Для исследований, результаты которых описаны в подразделах 9.2.2. и 9.2.3, были использованы количественные данные проб, собранных за 3 года – в период 2019-2021 гг.

9.2.1. Общее описание поселений донных беспозвоночных и вклада в их формирование чужеродных видов

Макрозообентос и перифитон в пробах 2019-2020 г. был представлен 48 видами и таксонами надвидового ранга первичноводных беспозвоночных (без учета личинок гетеротопных водных беспозвоночных и не определенных до вида *Oligochaeta*).

Зооперифитон, где доминирующее положение (до 90% биомассы) занимают чужеродные беспозвоночные-талассоиды, формирует описанную выше (раздел 9.1) группировку личиночного меропланктона, а вместе с ассоциациями погруженной и полупогружённой растительности – биофильтрационный пояс залива, и, благодаря планктонной части метапопуляций, обладает значительным расселительным потенциалом (рисунок 2.4, Таблица 9.1) как возможный источник биопомех (следующий раздел (9.3)). Доминанты перифитона, характерные для олигогалинной зоны залива, – *A. improvisus*, *D. polymorpha* (рисунок 5.10), *Cordylophora caspia* – заселяют естественные каменистые местообитания и таковые на мягких грунтах с присутствием грубообломочного материала (рисунок 9.7, результаты геологических исследований, описанные в Главе 7, проиллюстрированные рисунками Главы 2), а также и искусственные, расположенные как на дне, так и в водной толще субстраты. Для этой ассоциации характерно, несмотря на значительный вклад в общие количественные показатели со стороны немногих доминантов из числа вышеупомянутых видов, относительно высокое

таксономическое разнообразие. В процессе отбора проб и их камеральной обработки было отмечено, что в Копорской и Лужской Губе, а также в районе Кургальского рифа и далее на юг в Нарвский залив до пос. Гакково, поселения дрейссены и баянуса были совместными, с преобладанием баянуса и присутствием *Cordylophora caspia*. В зоне умеренного подогрева к трем вышеупомянутым, наиболее массовым обрастателям присоединялся представитель центральноамериканской прибрежной фауны – *M. leucophaeata*. При существенном подогреве Копорской Губы в предшествующие годы (2014 – 2017 гг., фондовые материалы) поселения дрейссены и баянуса, характерные для соседних заливов, замещались поселениями митилопсиса на значительной части акватории этого участка ВЧФЗ. В существенно сократившем к 2020 г. свою площадь отепленном районе данная ассоциация и в 2023 г. по-прежнему формировалась с участием *M. leucophaeta*. Его расселительный потенциал, несмотря на заметное снижение численности личинок (Рис. 2.4 и предыдущий раздел), которое предположительно связано со снижением термической нагрузки на акваторию в связи с изменением технологического цикла основного источника термификации Копорской Губы – ЛАЭС, остается достаточно высоким для формирования донных поселений.

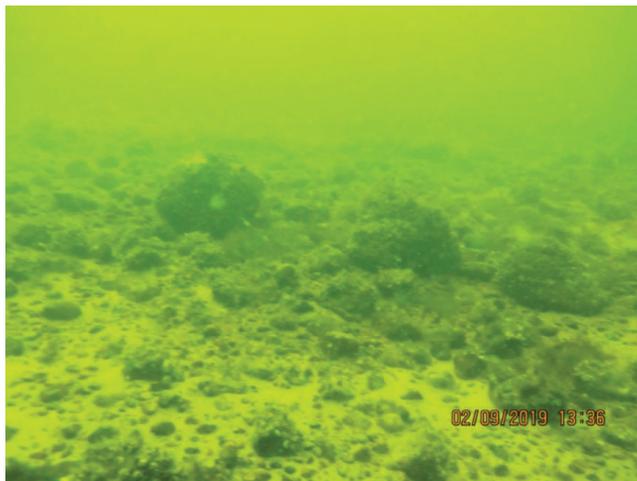


Рисунок 9.7 – Подводный ландшафт Кургальского рифа (19-GFKur-8) (Фото Ю.А. Зуева и С.В. Голдина). На твердых субстратах преимущественно обрастание сформировано *A. improvisus*. Типичный естественный мелководный участок со смешанными и каменистыми грунтами, заселенный преимущественно чужеродными беспозвоночными-обрастателями (из Орлова, 2022)

Самые высокие значения численности и биомассы перифитона были характерны каналов (Рис. 9.8), в особенности для искусственных субстратов. В отепленных сбросных каналах показатели обилия на порядок выше, чем в подводных. С 2018 г. существенный вклад в формирование эпифауны и

инфауны вносит чужеродный двустворчатый моллюск *Rangia cuneata* (рисунок 9.9), представляющий, также, как и *M. leucophaeata*, центральноамериканский морской прибрежный комплекс. Среди консортов обрастателей в искусственных водотоках высокие количественные показатели демонстрировали популяции бокоплава *Gammarus tigrinus* и брюхоногого моллюска *P. antipodarum*. Из искусственных микроместообитаний слабым количественным развитием перифитона и низким разнообразием вселенцев отличались поверхности навигационных буев, как пластиковых, так и металлических. Это может быть связано с коротким временем их пребывания в воде – они устанавливаются только на период навигации. Однако на буйках встречались помимо *A. improvisus*, *C. caspia* также сессобласты относительно нового для Финского залива вида (Гонтарь, 2016) - *P. geimermassardi*. Низким количественным развитием отличался и перифитон бетонных причалов и их обломков вблизи о. Мощный, в противоположность аналогичным субстратам в б. Батарейная, где соленостные условия благоприятны для развития дрейссены. Слабое развитие зооперифитона в ряде случаев связано с высокой прозрачностью воды на западе района полевых наблюдений и преимущественным развитием на этих субстратах, вследствие хорошей освещенности, нитчатых водорослей, составляющих конкуренцию беспозвоночным-обрастателям при освоении любых субстратов, расположенных в фотической зоне.



Рисунок 9.8 – Фрагмент трофической цепи, сформированный чужеродными видами в ВЧФЗ: *Neogobius melanostomus* и его наиболее вероятный пищевой ресурс в отепленной части Копорской губы – вселенец *M. leucophaeata* (фото М.И. Орловой и Н. Колмогорцева) (из Орлова, 2022)

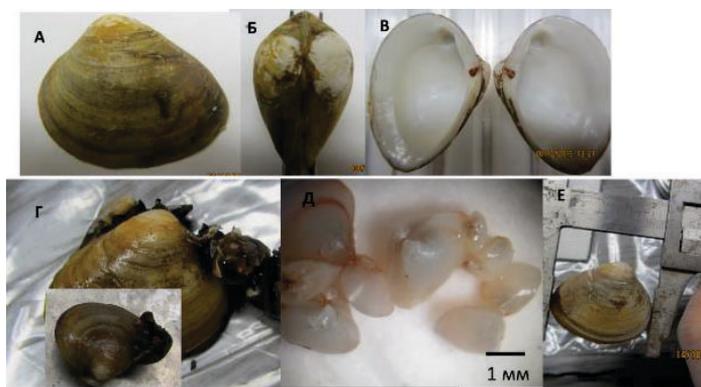


Рисунок 9.9 – *R. cuneata* из Копорской Губы Финского залива. А,Б- Внешний вид особей сбоку и сверху, В – вид внутренних поверхностей правой и левой створок, Г – обрастание *M. leucophaeata* на особях *R. cuneata*, Д - молодые моллюски, размером менее 5 мм длины под бинокулярным микроскопом, Е – особь максимального зарегистрированного размера - 40 мм (Фото М.И. Орловой) (из Орлова, 2022)

Для глубоководных локальностей, сложенных алевропелитами, с признаками гипоксии, и на грунтах с присутствием значительного количества железо-марганцевых конкреций была характерна «монокультура» чужеродного многощетинкового червя *Marenzelleria sp.* На тех же глубинах, на участках с благоприятным газовым режимом содоминантом маренцеллерии выступает зарывающийся, двустворчатый моллюск *Macoma baltica* (Рис. 5.9). Постепенно субдоминантное положение начинает возвращаться (после периода 2000-2010 гг., когда на значительной части глубоководной акватории отмечался неблагоприятный газовый режим в придонном слое воды) к ледниковому реликту – бокоплав *Monoporeia affinis*.

Независимо от района и положения биотопа по отношению к берегу (то есть в градиенте освещенности и глубины), минимальным как видовое разнообразие, так и количественные показатели были характерны для группировки псаммона, заселяющей пески разной зернистости. На отдельных участках литорали псаммон состоит только из хирономидно-олигохетного комплекса. Из вселенцев на песках были встречены кольчатые черви *Paranais frici*, *Marenzelleria sp.*, чужеродный бокоплав *Chelicorophium curvispinum*, на отепленном участке чужеродный брюхоногий моллюск *Potamopyrgus antipodarum*.

Слабое развитие бентоса, вплоть до полного отсутствия макробентосных беспозвоночных в пробах было характерно и для наиболее глубоководных локальностей, сложенных алевропелитами с запахом сероводорода, расположенных на значительной площади открытой части Копорской Губы; в районах проведения дноуглубительных работ в Лужской Губе.

Безжизненными были разнотипные мелководные станции в районе порта, отсутствовал макробентоса в наиболее прибойной зоне Нарвского залива (рисунок 9.10).

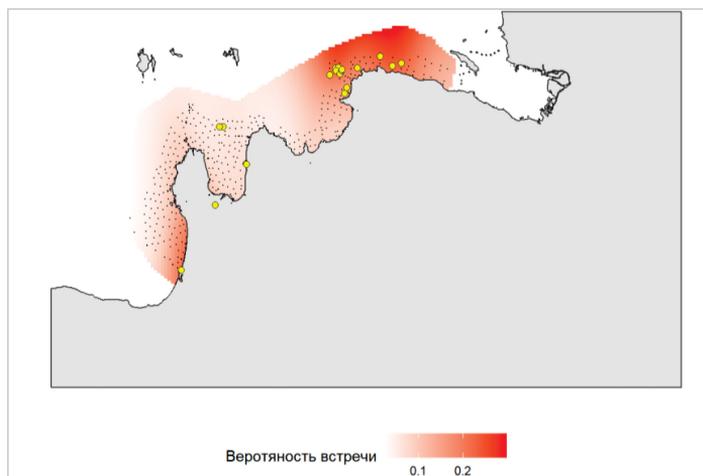


Рисунок 9.10 – Пространственное распределение вероятности встречи ‘безжизненных’ станций. Желтые точки - станции с полным отсутствием макробентоса. Примечание: Картина распределения вероятности - аддитивная модель, описывающая вероятность появления единицы (станции, где биомасса была ниже 10% перцентиля кодировалась как единица, остальные как ноль) в зависимости от географических координат (GAM, биномиальное распределение, двумерный сплайн от географических координат)

9.2.2. Пространственное варьирование общих и интегральных показателей бентоса

Первичный анализ всего массива данных за 2019-2021 гг. (рисунок 9.11), имеющих географическую привязку, был проведён путем построения экстраполяций с использованием отдельных аддитивных обобщенных моделей (см. вводную часть раздела) на весь район, указанный на рисунке пунктирной линией.

Для апробации подхода были использованы следующие показатели (Общая биомасса бентоса; фитомасса (суммарная биомасса автотрофных организмов, обнаруженных в пробах бентоса); количество видов на станции (также именуется ниже как видовое богатство); Индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанный по величинам биомассы: $H = -\sum p_i \log_2(p_i)$ где $p_i = B_i / \sum B_i$; Индекс олигомиксности Наумова.

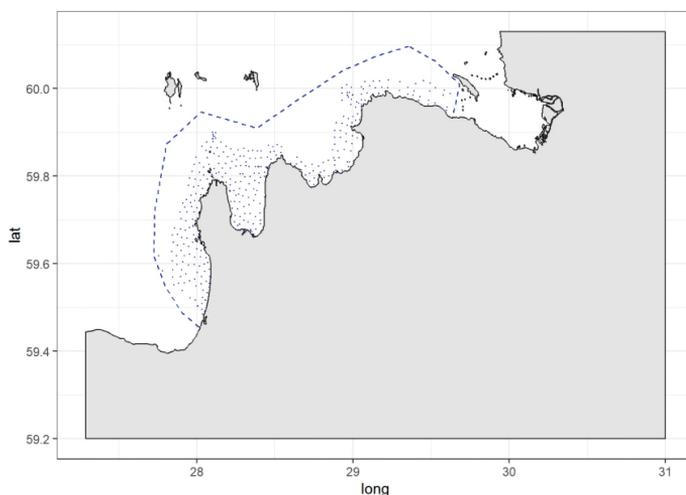


Рисунок 9.11 – Расположение станций, обследованных в 2019-2021 гг. и вовлеченных в анализ пространственного варьирования показателей. Пунктирная линия ограничивает область, на которой проведена ГИС-экстраполяция предсказаний модели, описывающей пространственное варьирование показателей

Результаты экстраполяции, представленные на пяти рисунках ниже (5.11 А-Д), свидетельствуют о наличии гетерогенности разной выраженности (см. шкалы под рисунками) и разного паттерна в распределении части показателей (в особенности А, Б, В) вдоль исследованной дистанции побережья с востока на запад и вглубь залива от береговой линии. Эта мезомасштабная изменчивость наиболее заметна по большинству показателей в проекции Кургальского рифа (участок наибольшей расчленённости подводного рельефа) и на западе Копорской Губы; по одному показателю (Г) на участке, примыкающему к КЗС (наиболее опреснённый из исследованных в пределах района экстраполяции). В меньшей степени, в сравнении с вышеуказанными участками, отличаются от основной части акватории экстраполированные значения в зоне термификации (восточная и центральная часть прибрежной зоны Копорской Губы).

Внутренней причиной варьирования проанализированных показателей является варибельность структуры донных сообществ, формирующихся в гетерогенном ландшафте залива (Глава 7) и в системе вертикальных и осевых градиентов (Глава 5), а также антропогенных воздействий (Глава 6). Статистическому анализу изменчивости структуры сообществ (по совокупности количественных проб бентоса, в которых были определены численность и биомасса макробеспозвоночных и макрофитов) в зависимости от особенностей донных отложений и глубины отбора проб посвящён подраздел 9.2.3. Причины и предпосылки выявленной изменчивости требуют дальнейших исследований,

поскольку картина, полученная путем экстраполяции, не вполне соответствует как географическим делениям залива и предполагаемым направлениям действия градиентов (например, соленостного), так и другим общепринятым предположениям о внешних воздействиях (наличие подогрева, загрязнений, масштабные или регулярные дноуглубительные работы и другие техногенные причины, открытость ветро-волновым воздействиям, преобладающий тип геологического строения дна, и.т.д.).

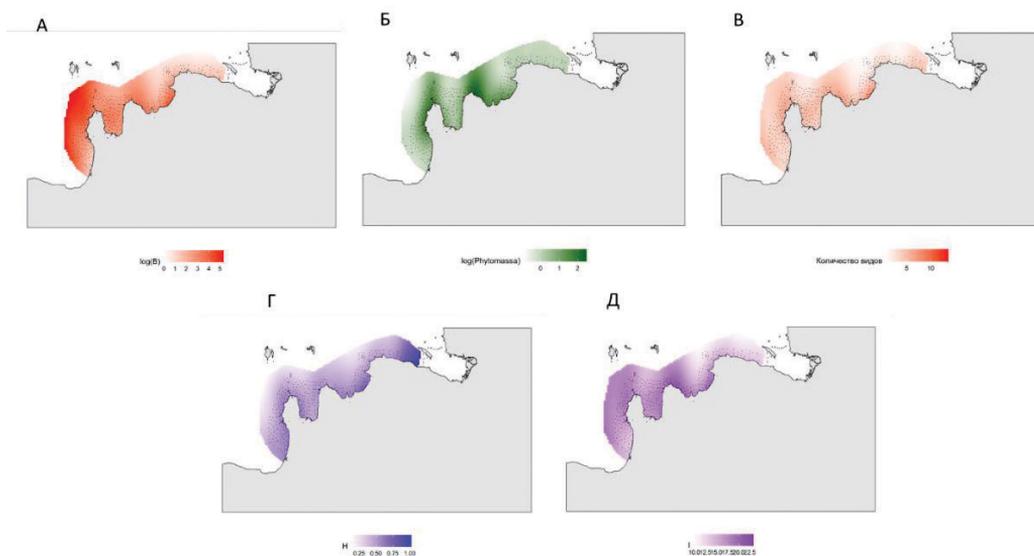


Рисунок 9.12 – результаты ГИС-экстраполяции значений характеристик бентоса: А – логарифма общей биомассы бентоса (B); Б – логарифма биомассы автотрофных организмов (phytomassa), В – количества видов в пробе, Г – индекса Шеннона (H) и Д-индекса выравненности (I)

9.2.3. Статистическая оценка варьирования структуры сообщества

Для анализа использована матрица логарифмов значений биомассы 106 видов и таксонов невидового ранга (85 – макробеспозвоночных, 21 автотрофных макроорганизмов), обнаруженных в пробах. На основе этой матрицы был проведен анализ главных компонент (спектральное разложение матрицы ковариации). Ниже приводится рисунок, отражающий вклад главных компонент. Первая компонента (PC1) описывает лишь 20.7% суммарной дисперсии (рисунок 9.13). Столь малая величина говорит о высоком разнообразии проанализированного материала (сообществ).

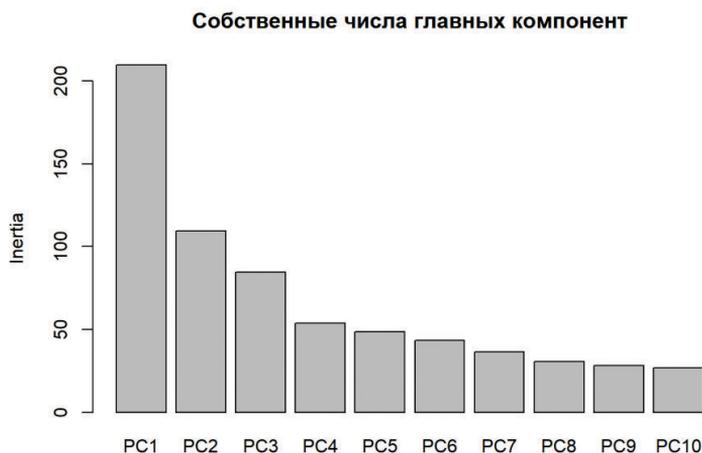


Рисунок 9.13 – Собственные значения главных компонент

Обнаружена явная корреляция между значениями первой главной компоненты и орудием сбора (Рис. 9.14), которое отражает в конечном итоге тип донной ассоциации. Либо это ассоциации макрозообентоса, развивающиеся на поверхности и внутри относительно гомогенных донных отложений, либо ассоциации, формирующиеся на участках, где в донных отложениях присутствует небольшая примесь груболомочного материала, – то есть, это те локальности, где отбор проб возможен с использованием пробоотборников – дночепателей различных конструкций и трубок (отбор трубками может осуществляться вручную при легководолазном отборе проб на гомогенных грунтах, встречающихся пятнами разной протяженности на каменистых и смешанных участках – данная группа локальностей обозначена далее как *soft*. Либо это определено пробы перифитона, собранные ручным легководолазным методом в различных модификациях – от соскобов с валунов до рамочного способа (группа локальностей *hard*).

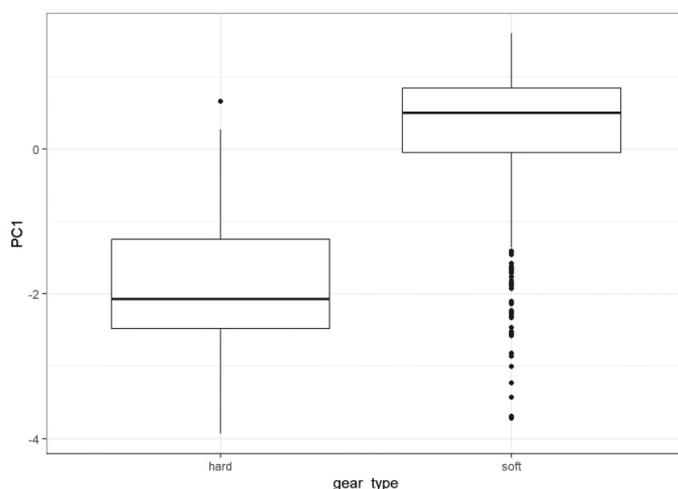


Рисунок 9.14 – Значения первой главной компоненты (PC1) для двух групп данных

Примечание: группа *soft* включала в себя сборки, сделанные с помощью следующих орудий лова: Van-Veen grab 1/10 (дночерпатель Ван Вина с площадью захвата 1/10 м. кв), boxcorer 0,025 (коробчатый дночерпатель с площадью захвата 0,025 м.кв), diving tube D -10 sm (отбор легководолазным способом трубкой диаметром 10 см), petersen 0,025 (дночерпатель Петерсена с площадью захвата 0,025 м.кв); группа *hard* включала в себя сборки, сделанные с помощью следующих модификаций легководолазного метода: scratch 0,025, 0,01, 10x10 (соскобы различной площади с поверхности субстрата), diving, frame 25x25, 10x10 (использование водолазных рамок различной площади), stone - 13x9 sm, stone 7x5 sm, stone 13x18 sm, stone, stone 8x7, 3 stones 8x5; 7x5; 9x4 sm (варианты сбора отдельных наиболее типичных видов субстрата с последующим пересчётом полученных данных на площадь субстрата, определённую по его линейным промерам).

Для дальнейшего анализа варьирования структуры сообществ из массива данных, соответствующих станциям группы *soft*, были удалены станции, имеющие положительные значения по PC1, аналогично для станций группы *hard* - удалены таковые, имеющие отрицательные значения по PC1. Соответственно, первая группа станций (локальностей) была заселена преимущественно группировками гидробионтов, характерных для мягких грунтов, а вторая – твердых и смешанных.

Для анализа варьирования структуры сообществ двух групп локальностей был применен анализ избыточности (Redundancy analysis, RDA). В качестве предикторов (независимых переменных) для анализа были использованы следующие параметры: *sampling_station_name* (наименование локальности), *depth* (глубина), *mud* (ил), *clay* (глина), *fine_sand* (мелкозернистые пески), *medium_sand* (среднезернистые пески), *coarse_sand* (грубозернистые и разнозернистые пески), *gravel* (щебнистые грунты), *stone_small* (небольшие

каменистые субстраты), *stone_large* (булыжники и валуны) (различные виды донных отложений и обломочного материала, формирующие донные микробиотопы и, таким образом, определяющие условия для обитания различных жизненных форм гидробионтов и формирование сообществ). С помощью анализа коллинеарности предикторов их (предикторов) число было сокращено до степени отсутствия в упрощённой модели коллинеарности. Было сделано исключение для анализа группы *soft*: несмотря на высокую скоррелированность предикторов *fine_sand* и *mud* с полным набором других, из упрощённой модели был удален только *fine_sand*, поскольку процентное соотношение илистых частиц несет значительную экологическую информацию. Методом дальнейшего пошагового упрощения были подобраны оптимальные модели для анализа обеих групп локальностей (*soft*, *hard*).

Сообщества мягких грунтов (*soft*)

В оптимальной модели для данной группы локальностей остались следующие предикторы: *depth*, *mud*, *clay*, *coarse_sand*, *gravel*. В результате пермутационной оценки статистической значимости оптимальной модели анализа избыточности и канонических осей (детали анализа в данном издании не приводятся) для дальнейшего анализа были выбраны две первые канонические оси (первая ось описывает 4.6%, вторая – 1.7% суммарной дисперсии). Из оставшихся в оптимальной модели предикторов статистически значимое влияние было отмечено для *depth*, *mud*, *clay*, *gravel*.

Первая каноническая ось связана с глубиной. По мере увеличения глубины возрастает процентное содержание ила (*mud*) и (в соответствии с моделью) глины (*clay*). По мере увеличения глубины возрастает биомасса следующих видов: *Marenzelleria* sp. *Macoma balthica*, *Saduria entomon*, *Monoporeia affinis*. На меньших глубинах, где ила и глины меньше, в сообществах высокую биомассу демонстрируют *Oligochaeta* и *Chironomidae*.

Вторая каноническая ось коррелирует с обилием щебня. Таким образом, вторая каноническая ось демонстрирует примесь сообществ эпифауны, вкрапленных в мягкие осадки. Ординация видов в пространстве двух канонических осей приведена на рисунке 9.15, ординация локальностей на рисунке 9.16.

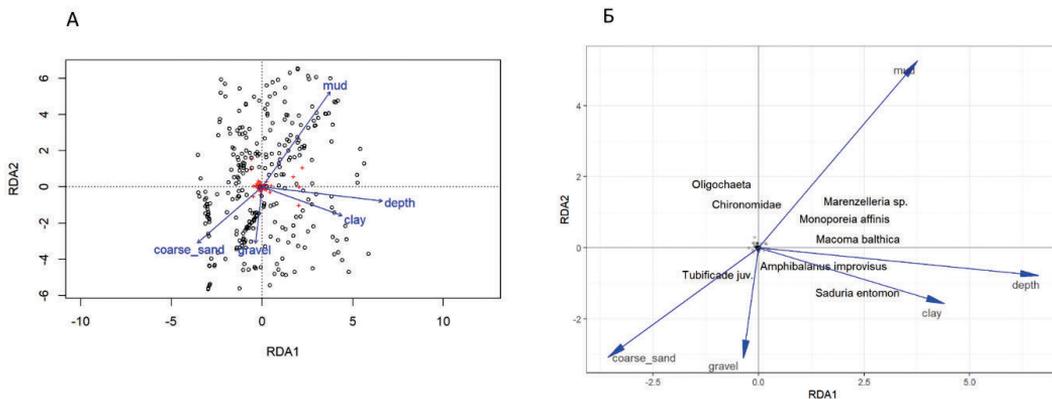


Рисунок 9.15 – Ординация видов, обнаруженных в пробах группы soft, в пространстве первых двух канонических осей. А – виды обозначенные крестиками - виды, имеющие высокие нагрузки по RDA1 и RDA2 (нагрузки попадают в 5% и 95% перцентили, т.е. 10% от всего списка видов), остальные виды обозначены кружками, Б - приведены названия видов, имеющих высокие нагрузки по RDA1 и RDA2

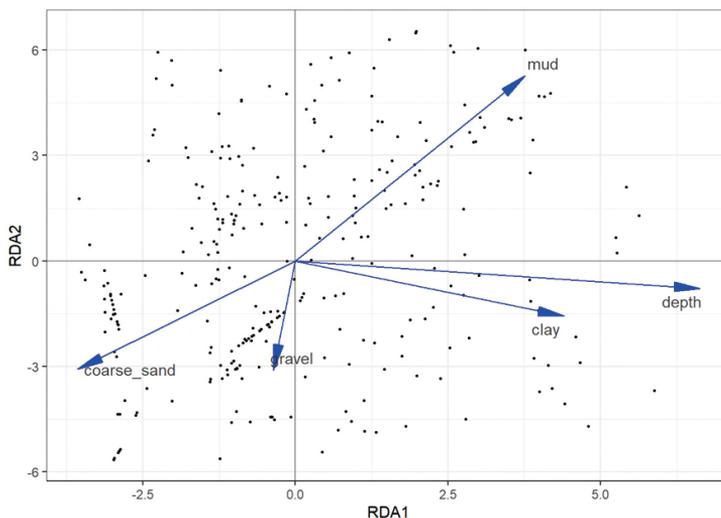


Рисунок 9.16 Ординация станций в пространстве первых двух канонических осей

Полученная ординация станций позволяет выделить две группы станций: сообщества мягких грунтов, формирующиеся на большой глубине с высоким заилением и высоким содержанием глины (станции с положительными нагрузками по RDA1); сообщества мягких грунтов мелководий с меньшим содержанием тонких фракций грунта, но с большей долей песка (станции с отрицательными нагрузками по RDA1). В первом сообществе суммарная биомасса значительно выше, чем во втором (рисунок 9.17).

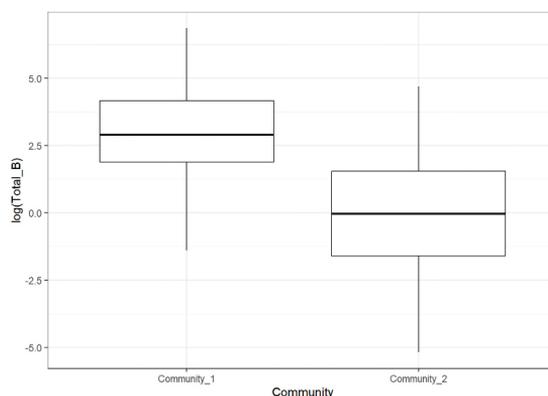


Рисунок 9.17 – Суммарная биомасса (логарифм) бентоса на станциях с преобладанием мягких грунтов – глубоководных (Community_1) и мелководных (Community_2)

Сообщества твердых грунтов (*hard*)

В подобранной статистически значимой оптимальной модели для этой группы локальностей имелись следующие предикторы: *depth*, *mud*, *clay*, *medium_sand*, *gravel*, *stone_small*, *stone_large*, из них статистически значимое влияние было отмечено для *depth*, *mud*, *clay*, *gravel*. Статистически значимыми были первые две канонические оси (первая ось описывает 6.8%, вторая – 4.2% суммарной дисперсии).

Полученная ординация видов (рисунок 9.18) не позволяет дать однозначной трактовки для самих канонических осей. Судя по расположению *stone_large*, *stone_small* и *gravel* в положительном диапазоне первой оси (I и IV квадранты ординации), а *clay* и *mud* – в отрицательном (II и III квадранты), первую каноническую ось можно трактовать, как степень заиленности. Наиболее характерными видами для сообществ твердых грунтов без заметного заиления являются *Dreissena polymorpha*, *Chelicorophium curvispinum* и *Amphibalanus improvisus*. В сообществах твердого грунта со значительной примесью глины в состав сообществ входят *Oligochaeta*, *Chironomidae*. Вторая ось в значительной степени связана глубиной. На мелководьях при минимальном заилении (I и II квадранты ординации) и, соответственно, хороших гидрооптических условиях, обильны автотрофные организмы – нитчатые водоросли рода кладофора – *Cladophora glomerata* и *Cl.vagabunda*. При большей глубине и некоторой заиленности (III и IV квадранты) в сообществах твердых грунтов могут быть встречаться *Marenzelleria* sp., *Macoma balthica*, и *Pisidiidae* (на опреснённой части акватории, в олигогалинной части залива, где эта группа отсутствует, возможна ошибочная идентификация осевшей молодежи *Rangia cuneata*).

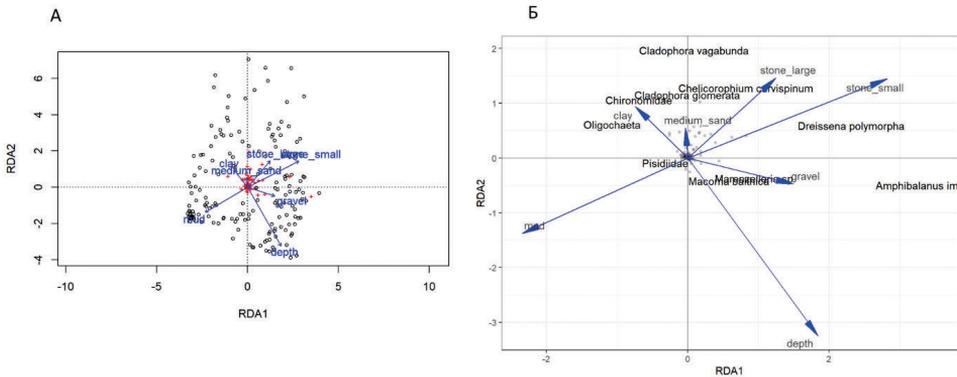


Рисунок 9.18 – Ординация видов, входящих в состав сообществ твердых и смешанных грунтов (группа hard) в пространстве первых двух канонических осей. Комментарии к рисункам А и Б как на рис. 9.15. Приведены названия видов (Б), имеющих высокие нагрузки по RDA1 и RDA2 (нагрузки попадают в 2.5% и 97.5% перцентили, т.е. 5% от всего списка

Статистический анализ изменчивости бентоса (макробеспозвоночные и автотрофные организмы) подтвердил, что основу донной биоты составляют два типа донных сообществ – одного, формирующегося на твердых грунтах (перифитон различного состава), второго на мягких. Структура этих группировок различна, выявленное заметное сходство обусловлено в значительной мере подходом к сбору материала – по принципу опробования всех основных представленных на участке отбора проб (станции, локальности) видов донных отложений. В обоих типах сообществ отмечена изменчивость, связанная с глубиной. В перифитоне на мелководьях (в пределах фотической зоны) доминируют нитчатые водоросли. По мере увеличения глубины заросли водорослей сменяются ассоциациями с доминированием *D. polymorpha* и *A. improvisus*. В группировках мягких грунтов также существует ярко выраженный глубинный градиент. В глубоководной части акватории представлены типичные для илистых грунтов Балтики с благоприятным газовым режимом поселения беспозвоночных с доминированием *Macoma balthica*, *Saduria entomon* и *Monoporeia affinis*. Значительную роль здесь играет чужеродная *Marenzelleria* sp., демонстрирующая в последние десятилетия экспансию в этом регионе и способная также заселять участки с пониженным содержанием кислорода и поля железомарганцевых конкреций. На мелководных мягких грунтах макрозообентос представлен олигохетно-хиროномидным комплексом.

9.3. Гидробионты как источники биопомех, биоповреждений и угроз для здоровья человека, мишени защитных действий при разработке сценариев защиты конструкционных материалов и элементов оборудования гидротехнических сооружений

Подраздел представляет собой систематизацию сведений по составу, происхождению и по практическим аспектам биологии ключевых элементов биоты, общих для природной и искусственных частей техноэкосистем, в контексте рассмотрения таких элементов биоты в качестве мишеней защиты от них хозяйственных объектов, главным образом объектов энергетики, представляющих собой один из искусственных биотопов для гидробионтов. Выявленные основные составляющие каждой мишени и соответствующие направления защиты по каждой составляющей, впоследствии будут оценены с точки зрения вариантов формирования затрат на них и таким образом, дана оценка стоимости издержек.

Строительство и последующая эксплуатация объекта энергетики кардинально меняют ситуацию в любом водоеме, используемом как источник водоснабжения и пространство для сброса отработанных вод, равно как и сам такой объект испытывает на себе влияние водоема, в том числе его трансформированной под воздействием объекта биоты (Жадин, Герд., 1961; Протасов и др., 2008). Трансформация биоты выражается в появлении специфических пионерных организмов в водоеме-источнике водоснабжения, а затем и в техногенной части систем циркуляционного и технического водоснабжения самого объекта энергетики (в частности, *атомных электростанций*, далее АЭС, одна из которых – Ленинградская (ЛАЭС) расположена в ВЧФЗ). Прежде всего, это обрастатели-беспозвоночные, имеющие в своём жизненном цикле расселительные и покоящиеся стадии. Способности к заселению и само заселение такими организмами гидротехнических объектов – обычная биологическая предпосылка возникновения биопомех ¹⁾ на них. Одна из причин состоит в том, что гидротехнический объект и водоем образуют единую систему, состоящую из двух основных компонент – природной и технической, причём техническая во многом и на значительном протяжении определяет состояние природной

¹⁾ Нарушения технологических условий производства, в том числе за счет биоповреждения материалов, закупорки трубопроводов, заклинивания движущихся частей оборудования, в том числе в системах обеспечения безопасности АЭС, снижения эффективности теплообмена и т.д., ведущих к экономическим потерям и к угрозам как для безопасности окружающей среды, так и для безопасности эксплуатации самого объекта энергетики.

(подраздел 9.3.1.). В последние годы, с развитием методов молекулярных исследований возрастает интерес к изучению другой группы организмов - микроорганизмов-биодеструкторов, состав и функциональные свойства которых (в части использования различных конструкционных материалов как для заселения, так и в качестве источника энергии) для Финского залива и предприятий, использующих его в качестве источников водоснабжения, на регулярной основе не исследовались. Биодеструкторы и другие микроорганизмы зачастую становятся компонентами сообществ обрастания – основного источника биопомех. Из этой группы источников экосистемных издержек в данном издании мы кратко коснемся лишь одного из таких организмов – бактерий рода *Legionella* (подраздел 9.3.2) и биоплёнки - компоненты обрастания, которая также является и одной из ключевых фаз сукцессии его формирования (подраздел 9.3.3).

9.3.1. Объект энергетики как фактор трансформации водоема. Технификация биоты как ответ на воздействие объекта энергетики и основа формирования издержек экосистемы для хозяйственной деятельности и здоровья человека

За счет термофикации водоемов и техногенной циркуляции, водные массы прогреваются и обогащаются биогенными веществами. Продуктивность водной толщи возрастает, становясь достаточной для поддержания популяции обрастателей за счет регулярного и массового развития их расселительных стадий. Тому же способствует формирование дополнительного количества твердых субстратов (Рис. 9.19), в том числе поверхностей систем забора и сброса воды, поверхностей существенной части охлаждаемого тепломеханического оборудования.

В таких условиях техногенные объекты, использующие в системах технического водоснабжения (СТВ) воду, поступающую из водоема и содержащую расселительные стадии обрастателей, становятся одним из важных топических ресурсов, восполняющих естественное отсутствие субстратов в большинстве водоёмов средней полосы, пригодных для заселения личинками или пробуждающимися покоящимися стадиями. Последние в конечном итоге селятся не столько на акватории водоема, сколько (вторично) в самой системе, особенно на ее напорном фронте. СТВ электростанции, включая в себя также и сам водоем – источник водоснабжения, в целом представляет собой протяженный континуум разнотипных субстратов для заселения и

разнообразных условий для выживания осевшей молодежи или колоний, формирующихся при пробуждении покоящихся стадий таких организмов.

Согласно Протасову и др., (2008), собственно водоем-охладитель или водоем-источник водоснабжения вместе с инженерно-техническими элементами системы водоснабжения или весь гидротехнический объект находятся в единстве взаимосвязей, что позволяет применять к системам циркуляционного и технического водоснабжения понятие *техноэкосистемы*, захватывая в сферу данного понятия водоём. Технификация биоты в природной части такой системы – в водоеме, как процесс, включающий в себя и появление вышеуказанных специфических организмов, может быть представлена схемой Рис. 9.19. Изменения, приводящие к техногенной трансформации биоты, усиливают и вполне обычные для многих современных водоёмов издержки, такие как последствия эвтрофикации и естественного эвтрофирования, развития нежелательных, в том числе токсичных и патогенных водных организмов.

Особое значение при формировании издержек, касающихся непосредственно гидротехнических объектов, помимо общей трансформации местообитаний и заселяющих их экологических группировок, приобретает формирование искусственных биотопов на протяжении самого объекта в виде поверхностей оборудования (Рис. 9.20, Таблица 9.6). Для объекта ядерной энергетики это *оборудование основных потребителей технической и охлаждающей воды, требующее системной защиты от присутствующих там источников биопомех, стоимость которой – капитальные, эксплуатационные и сопутствующие затраты*. Все поверхности могут быть сгруппированы по их принадлежности к основным водопользователям в многокомпонентные подсистемы СТВ. При первоначальной оценке стоимости издержек (разработки карт (атласа) биопомех, выбора средств и оценки возможных последствий обработок, планирования производственных испытаний) потребуется подход, охватывающий комплексом наблюдений всю совокупность поверхностей и водных потоков, находящихся в зоне ответственности конкретного водопользователя. Первым этапом такого исследования может быть информационно-аналитический опрос как часть интегративного подхода (Глава 2). В первую очередь опросу подлежат 4 потребителя, из которых первые три наиболее масштабны:

«А» Система охлаждения потребителей реакторного отделения;

«Б» Потребители турбинного отделения;

«В» Внешние объекты СТВ – напорный фронт, Большие испарительные градирни (БИГ), сброс и отведение сбросной воды;

«Г» Теплообменное оборудование систем спецводоочистки.

Исходный водоём, с относительно сбалансированной биотой

Обеспечение объекта источниками биопомех за счет трансформации водоёма и его превращение в единую техноэкосистему с объектом



Рост температуры и, как следствие, продолжительности вегетационного сезона/дополнительная циркуляция вод/дополнительный приток биогенов и органического вещества из разных источников, включая ресуспензию/ создание искусственных (дополнительных) твердых субстратов (отсыпки, поверхности оборудования/ ведение аквакультуры, биомелиорация и биоремедиация

Тот же водоём трансформированный в водоём-охладитель и часть СТВ



Техноэкосистема с повышенным содержанием биотопов на границах раздела фаз становится многокомпонентным местообитанием для прикреплённых видов, имеющих расселительные стадии, способных к питанию из водной толщи

Рисунок 9.19 – Основные причины и последствия технификации биоты природного компонента техноэкосистемы (техногенно-трансформированного или искусственного континентального водоёма или солоноватоводного морского, используемого в качестве водоёма-охладителя/источника водоснабжения промышленного/энергетики объекта, predisposing водоём к заселению пионерными (в том числе чужеродными) видами обрастателей-фильтраторов -источников биопомех (по Жадин, Герд, 1961 с учётом исследований 2004-2018 гг)



Рисунок 9.20 – Элементы оборудования водозаборных сооружений - пример искусственного биотопа, благоприятного для формирования обрастания (фондовые материалы)

В данном перечне наиболее уязвимы для обрастателей водозаборные сооружения (Рис. 9.20), сервисное водоснабжение и внешний контур водяного охлаждения в случае, если он незамкнут и формирует единую систему с водоемом-источником водоснабжения, в воде которого находятся расселительные и покоящиеся стадии обрастателей и сопутствующих организмов. На АЭС, у которых помимо водяного жидкостного охлаждения имеются также и большие испарительные градирни (БИГ) – система воздушно-капельного (до)охлаждения, а температура воды в водоеме-охладителе существенно повышена в сравнении с естественным фоном, возможно развитие одного из патогенных микроорганизмов *Legionella pneumophila* (секция 9.3.2.3), отдельные серотипы которых, не представляя фактической угрозы безопасности самого объекта энергетики, могут служить причиной заболеваний. Состояние источников биопомех в этой части контура водяного охлаждения практически не исследовано, либо сведений о результатах таких исследований в открытые источники не поступает и, таким образом, данный отрезок системы может рассматриваться как критический участок СТВ, требующий разработки специального раздела мониторинга состояния специфической биоты и связанных с ней экосистемных издержек, оценки их потенциальной стоимости.

9.3.2. Основные биологические объекты водной среды, способные к заселению технических систем

9.3.2.1. Источники биопомех

Наличие биопомех на стационарных береговых гидротехнических сооружениях различной конструктивной сложности, равно как и на мобильных искусственных объектах, погруженных в водную среду, например, на корпусах судов, в значительной мере обусловлено присутствием в водной среде:

- микроорганизмов – биодеструкторов (Рис. 9.21);
- микроорганизмов, формирующих матрикс биопленки и корковых образований (Рис. 9.22);
- расселительных стадий водных беспозвоночных из числа обрастателей (Рис. 9.23);
- мобильного органогенного материала – например, флота (Рис. 9.24 А) и раковинного материала (Рис. 9.24 Б).

При расположении объекта в фотической зоне основные обрастатели – фотосинтетические организмы, чаще всего – макроводоросли (Рис. 9.25). Внутри систем водоснабжения и циркуляции (охлаждения) (далее системы технического

водоснабжения, также СТВ) береговых объектов, а также ниже фотической зоны на объектах, погруженных в воду, основные обрастатели – водные беспозвоночные (Рис. 9.20).

9.3.2.2. Происхождение организмов-источников биопомех: значение процесса биологической инвазии

Анализом данных мониторинга обрастания, проведенного в 2014-2015 гг. по однотипной схеме, вошедшей впоследствии в руководящий документ по ведению биолого-химического мониторинга водоёмов-охладителей АЭС (Методика..., 2015), в водоемах-охладителях и на *внешних гидротехнических сооружениях* АЭС Российской Федерации выявлено несколько наиболее массовых теплолюбивых видов беспозвоночных – потенциальных (а в ряде случаев реальных) обрастателей оборудования СТВ. Среди них: три вида двустворчатых моллюсков (*D. polymorpha*, *D. bugensis*, *M. leucophaeata*); неустановленное число видов мшанки рода *Plumatella* (*P. fungosa*, *P. emarginata*, *P. repens*, *P. geimermassardi*, *P. similirepens*); 1 вид колониальных гидроидных полипов (*Cordylophora caspia*); 1 вид усоногих ракообразных (*Amphibalanus improvisus*); 1 вид внутрпорошицевых (*Urnatella gracilis*), 1 вид губок (*Epydathia fluviatilis*). Более половины этих видов выделены *жирным курсивом* для обозначения их чужеродного происхождения, а подчёркиванием выделены виды, типичные для восточной части Финского залива. Наличие их популяций в исследуемых водоёмах и формирование биопомех есть *результат процесса биологической инвазии* – одного из основных процессов, обеспечивающих современные трансформации морских и континентальных экосистем (Глава 5), к которым предрасположен и Финский залив, и большинство континентальных водоёмов, расположенных вдоль трасс внутриконтинентальных транспортных коридоров (рисунки 5.6, 5.7). В особенности подвержены натурализации вселенцев водоёмы и их участки, трансформированные воздействием объектов энергетики так, как указано на рисунке 9.19. Основным вектором расселения чужеродных видов служит *водный транспорт*, то есть формирование как части услуг, так и большинства издержек, связанных с этими видами, происходит под влиянием комплекса хозяйственной деятельности как отклик экосистемы (Глава 6).

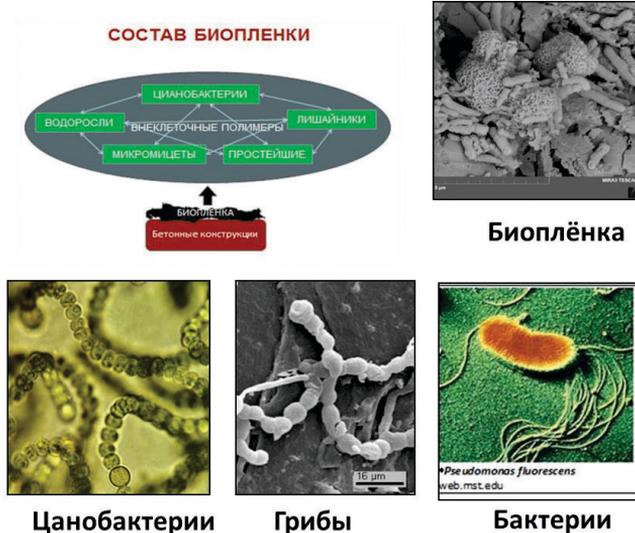
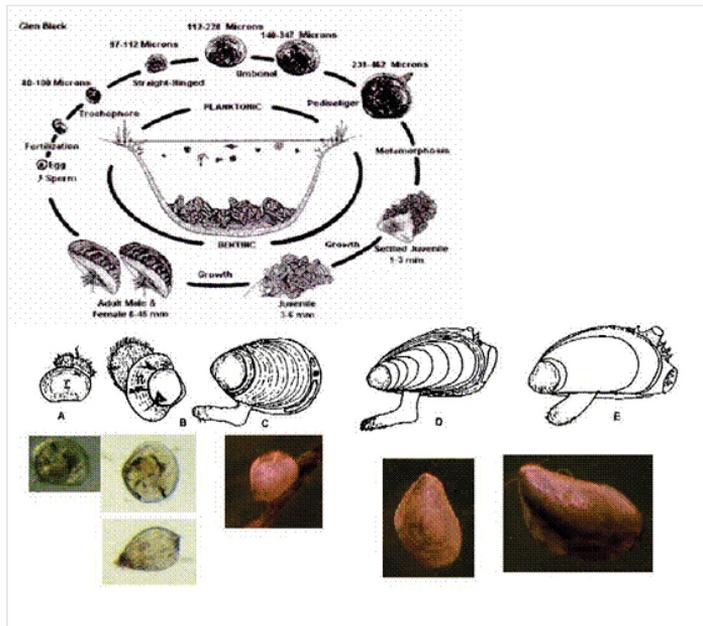


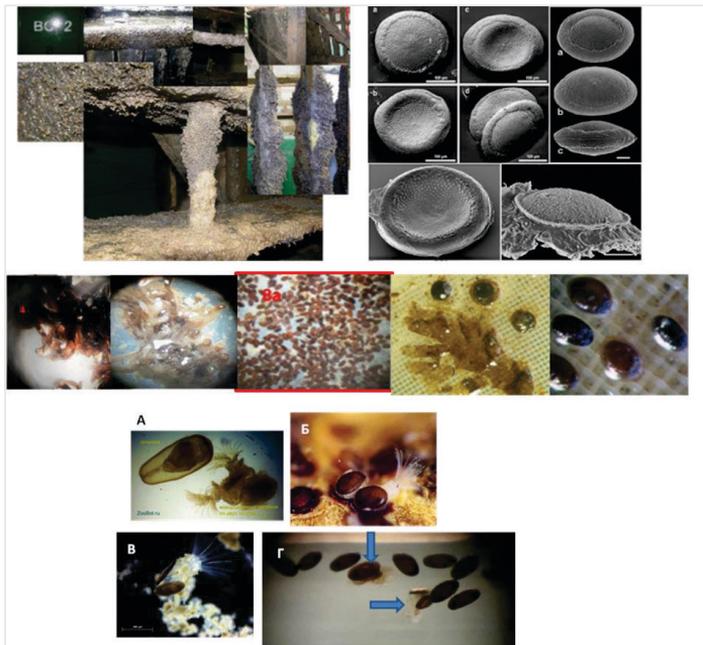
Рисунок 9.21 – Микробные биопленки и группы коррозионно-активных фототрофных, хемотрофных и гетеротрофных микроорганизмов (**Тионовые бактерии** являются аэробными хемолитотрофами, грамотрицательными палочками; **Нитрифицирующие бактерии** – аэробные, грамотрицательные, бактерии, получающие энергию за счет окисления аммиака до нитритов и нитратов: **Сульфатредуцирующие бактерии** - основные возбудители анаэробной коррозии бетона; **Актиномицеты** – гетеротрофные организмы, способные к формированию на некоторых стадиях развития ветвящийся мицелий; **Фотоавтотрофные организмы**, например, микроскопические зеленые водоросли и цианобактерии; **Аммонификаторы** участвуют в микробиологической трансформация азота; **Микроскопические грибы** (микромикеты) – гетеротрофные микроорганизмы) (рисунок подготовлен И.М. Царовцевой)



Рисунок 9.22 – Примеры биоплёнок и корковых образований, формируемых бактериальным матриксом и трихомами цианопрокариот, неорганическими компонентами (карбонатными отложениями) (фондовые материалы)



A



Б

Рисунок 9.23 – Примеры жизненных циклов и расселительных стадий обрастателей. из числа водных беспозвоночных. А – Двустворчатый моллюск (*Dreissena oylimorpha*): Верхний рисунок – общая схема из Zebra mussel Information System 2000; в середине – схематические рисунки каждой стадии, внизу – фотографии, сделанные по материалам проб, собранных в ходе выполнения работ по наст. договору. А – парящий велигер (или D-стадия, средний размер 70-90 мкм), Б-поздний велигер (великонха, средний размер 100-150 мкм), С – педивелигер (личинка со сформировавшейся ногой, переходящая к ползанию по субстрату, способная к продуцированию биссусных нитей и временному прикреплению, средний размер 200-350 мкм) D, E – поствелигер и брахисифональная стадия (метаморфоз завершен) (Рисунки из Claudi, Maskie, 1994, прочие фото Е.В. Строговой и М.И. Орловой)

Продолжение описания рис.9.23

Б – Пресноводной мшанки - колониального обрастателя, расселяющегося с помощью вегетативных (фрагментов колоний и покоящихся стадий) образований - *Plumatella spp.* Верхние блоки фотографий: левый – колонии мшанки *Plumatella spp.* на оборудовании – общий вид, фрагмент колонии, флотобласты; правый – фотографии под электронным микроскопом статобластов (флотобластов и сессобласта внизу справа) нового вида мшанки, обитающего на акватории, прилегающей к Ленинградской атомной станции - *Plumatella geimermassardi* (фото В.И. Гонтарь). Средний ряд слева направо - фрагменты колоний, статобласты – флотобласты и сессобласты *Plumatella emarginata* (фото М.И. Орловой и Е.В. Строговой); Нижний блок фотографий – наиболее важные (уязвимые) мишени программы защиты оборудования СТВ от развития мшанкового обрастания – активные расселительные стадии и основатели колоний. **А** – результаты полового размножения мшанки – расселительная личинка и готовая к прикреплению еще не осевшая и не прикрепившаяся двухлопастная первичная колония мшанки грибовидной (*Plumatella fungosa*) из <http://zoobot.ru/mshanka-plumatella-larva>; **Б** и **В** выход зооидов-основателей, формирующих впоследствии колонии, из состояния покоя в форме статобластов: **Б** – прорастающие сессобласты - из https://sfedu.ru/www/umr_main.umr_download?p_umr_id=110583, также готовые к прикреплению; **В** – прорастающий флотобласт *Plumatella emarginata* - из [4], **Г** – начальная фаза формирования колонии – прорастание статобласта и выход двух зооидов (синие стрелки) – основателей колонии (нефиксированный образец технического обрастания с ВЗС БНС, 29.07.2016, увеличение X40) (фото автора)

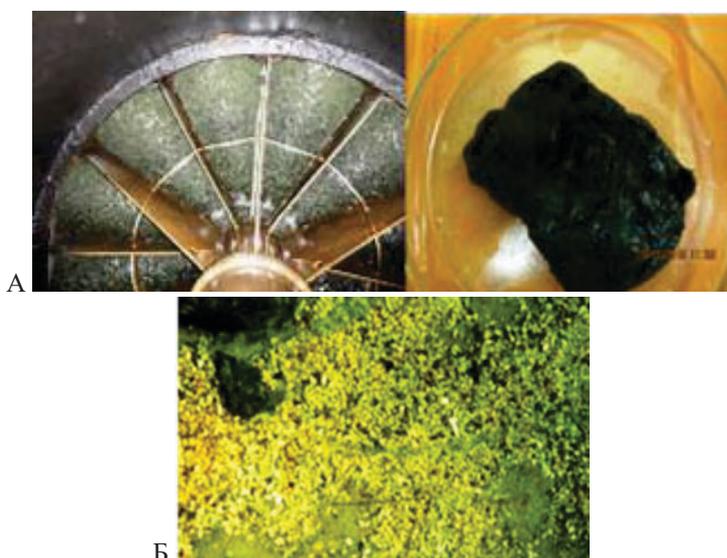


Рисунок 9.24 – Примеры органогенного материала, формирующегося на акватории водоёма и внутри систем. А - Пример наносов (флотаона), сформированных нитчатými водорослями (состоит преимущественно из *Cladophora*, быстрорастущей зеленой водоросли, характерной для эвтрофированных участков водоёмов, континентальных ВЧФЗ); Б - Наносы раковин мелких подвижных моллюсков (*Potamopyrgus antipodarum* - чужеродный вид новозеландского происхождения, натурализовавшийся в ВЧФЗ и формирующий плотные поселения в районе ЛАЭС)



Рисунок 9.25 - Влекомый материал, корковые образования, планктонные и гетеротопные микроорганизмы и их метаболиты: Цианопрокариоты (1-4), возможные результаты их воздействия на формирование мшанкового обрастания (5) и качество охлаждающей воды (6), нитчатые зеленые водоросли (7-8). Обозначения: Цианопрокариоты рода *Phormidium* в составе биопленок на металлических поверхностях (1), корковых образований (бактериально-водорослевые маты) на внешних ГТС (отсыпка дамб) (2), трихомы консолидирующиеся в слоевища (3); цианопрокариота *Chrisosporium ovalisporum* (4) с вегетативными клетками, гетероцистами (шкала внизу фотографий - 10 μm), (5) пример выхода зооида *Plumatella emarginata* из статобластов в осеннее время (27 сентября 2016) в период массового отмирания цианопрокариот, одна из проб воды, представляющая собой водно-жировую эмульсию (6), что также может быть связано с массовым отмиранием цианопрокариот; зеленая нитчатая водоросль *Cladophora glomerata* (7) формирование флотона в прибрежной зоне водоема-охладителя, (8) водорослевые нити и статобласты мшанки в массах флотона, (9) массы флотона и водорослевого детрита на оборудовании. (по материалам отчетности БХМ и данным наблюдений 2018 г.) (по Применение..., 2018)

9.3.2.3. Источники угроз для здоровья человека, ассоциированные с формированием обрастания в процессе эксплуатации объекта энергетики на примере *Legionella pneumophila*.

Данная группа гидробионтов в настоящее время недоисследована. Наиболее известными населению заболеваниями, связываемыми с использованием природных континентальных вод (например, при осуществлении рекреации, водопотребления, технического водопользования) и их производных (такова прошедшая подготовку питьевая вода, подлежащие водоотведению и очистке канализационные и иные стоки):

- отравление цианотоксинами и дерматозы (Cyanobacteria);

– кишечные расстройства (различного происхождения), наиболее распространённый и известный микроорганизм, который может быть «ответственен» – *E. coli*, также холера – *V. cholerae*, амёбиаз, дизентерия (простейшие (амёбы), бактерии));

– тиф – *Salmonella typhi*, *S. paratyphi*;

– лептоспироз – *Leptospira sp.* (чаще известен хозяевам домашних любимцев);

– вирусные инфекции – гепатит А (вирусный) (ВГА);

– также через воду передаются ротавирусы, аденовирусы и проч.;

– дерматомикозы (скорее в искусственных водоёмах – бассейнах).

Из относительно малоизвестных для Российских водопользователей – болезнь легионеров (*Legionella sp.*) (рисунок 9.26), возбудитель которой регистрируется на многих предприятиях за рубежом (рисунок 9.27) и становится все более известен как источник внутрибольничных инфекций (Мокиенко, 2021). Далее приводим обзор данного объекта в контексте данного подраздела.

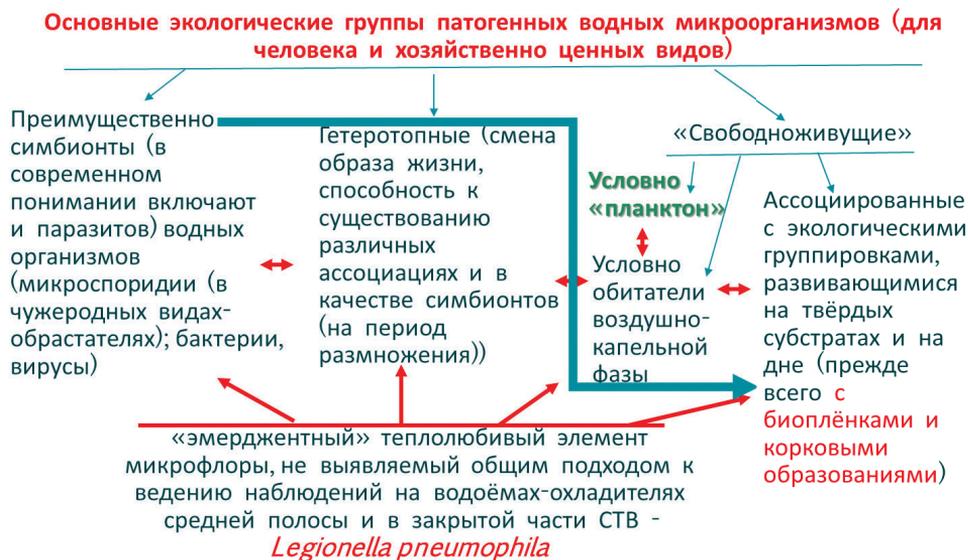


Рисунок 9.26 – Перспективные направления исследований издержек водных экосистем на примере отеплённых участков и патогенных микроорганизмов



Рисунок 9.27 – Распространение в Европе находок *Legionella* на объектах энергетики по данным открытых источников

Бактерии этого рода населяют водные (*Legionella pneumophila*) и почвенные (*L. longbeachae*) биотопы. Основное местонахождение в СТВ – градирни. Обычны в градирнях промышленных объектов, где постоянно поддерживается температура воды в 25-42°C. В настоящее время в СТВ АЭС России не выявлена (Рис. 9.27). Внутри видов легионеллы подразделяются на серотипы, среди которых есть патогенные для человека. В связи с патогенным характером и широким распространением серотипа 1 *L. pneumophila*, вызывающего болезнь легионеров, этот микроорганизм иногда включают в состав объектов регулярных наблюдений, кроме того существует ряд практических руководств по дезинфекции воды и поверхностей в градирнях против развития лимонелл, которые можно использовать и в защите СТВ от биопомех (Alternative disinfectants..., 1999; European Technical Guidelines... <https://ecdc.europa.eu>; *Legionella control...*, 2018).

Возбудитель легионеллёза («болезнь легионеров»), название получил из-за вспышки заболевания в 1976 году среди делегатов съезда Американского легиона в гостинице, расположенной в Филадельфии. Возбудитель отнесён к III группе патогенности (до 2013 г. относился ко II группе патогенности, т.е. к группе возбудителей особо опасных инфекционных болезней).

Обычный источник распространения – система вентиляции, также через системы водоснабжения, накопительные резервуары, где находится в составе биоплёнки.

Микроб – строгий аэроб, растёт на куриных эмбрионах, культурах клеток человека и обогащённых питательных средах (казеиново-угольный агар, казеиново-дрожжевой агар, агар ВСУЕ-α). Необходимыми факторами роста являются цистеин и железо. ***Не растёт на простых питательных средах, что затрудняет выявление методами, принятыми за стандарты при ведении мониторинга водных объектов.*** Паразитический образ жизни 95% популяции также защищает от выявления, равно как и придает устойчивость к мерам дезинфекции ²⁾.

Механизм передачи легионеллёза человеку – аспирационный. Источником заражения являются бытовые водонагревательные системы, системы кондиционирования воздуха, иные техногенные источники (таковы градирни). ***Однако заражённый человек контагиозностью не обладает, даже при проявлении симптомов пневмонии.*** К легионеллёзу²⁾ предрасположены лица с пониженным иммунным статусом, ингаляция и вдыхание легионелл особенно опасны для пациентов с болезнями лёгких, тем, кто подвергался общей анестезии, самый высокий уровень инфицирования у пациентов, перенесших пересадку сердца и принимающих кортикостероидные гормоны (Мокиенко, 2021).

Биологические особенности, важные для выявления очагов, оценки издержек и планирования защиты

Росту и размножению этих бактерий способствуют:

- повышенная влажность на фоне высокой температуры в пределах от 25 до 42°C (оптимальная температура 37°C)
- застой воды или слабый проток
- наличие накипи, корродированных участков, макромолекулярного слоя и биопленок на поверхностях;
- высокая концентрация в воде других микроорганизмов – водорослей, амёб и инфузорий (которые являются хозяевами легионелл), бактерий;

²⁾ По доступным и значащимся в качестве проверенных материалам из Wikipedia: в организме человека *L. pneumophila* размножается внутри макрофагов и в дендритных клетках, избегая лизиса при фагоцитозе. Фагосомы этих клеток, наполненные *L. pneumophila*, сливаются с шероховатым ЭПР (эндоплазматический ретикулум) и не сливаются с лизосомами, в результате чего бактерия избегает разрушения. Также патоген влияет на антигенпрезентирующую функцию этих клеток. У моноцитов *L. pneumophila* ингибирует супероксиддисмутазы. У клеток альвеолярного эпителия лёгких *L. pneumophila* индуцирует активацию каспаз и, как следствие, апоптоз, приводя к гибели клетки, что и вызывает симптомы воспаления лёгких. Возбудитель также индуцирует синтез Интерлейкина-8 эпителиоцитами лёгкого человека. Фактором патогенности также является способность к синтезу цитотоксических глюкозилтрансфераз Lgt.

– высокое содержание в воде биогенов, стимулирующих рост бактерий и водорослей, в том числе биогенов, поступающих в воду из-за разрушения резиновых прокладок и другого оборудования, в состав которого входят сравнительно легко разлагающиеся органические вещества.

Все эти условия имеются в искусственных экосистемах СТВ, получающих необработанную воду из естественных водоемов.

Указания по предупреждению развития инфекционной ситуации в соответствии с биологическими особенностями: выбор мишеней и режима воздействия на них средствами физической, физико-химической и химической защиты не отличаются от указаний, содержащихся в секции «Биоплёнки» Таблицы 9.7.

При обнаружении в БИГ легионеллы для ее уничтожения и профилактики повторного заселения следует выбирать следующие мишени.

– сами бактериально-водорослевые плёнки и их компоненты, находящиеся в потоке воды;

– мертвый и отделившийся от поверхностей материал биопленок разной степени мобильности (аналогично мишеням под этим номером в предыдущих секциях вышеуказанной таблицы);

– макромолекулярный слой и органическое вещество, находящееся в растворенном и взвешенном состоянии в воде;

– неорганические (карбонатные) отложения.

Следует принимать во внимание то, что благодаря паразитированию в простейших, микроб проявляет устойчивость к стандартным химическим обработкам в том числе и наиболее распространённым и эффективным хлорсодержащим-биоцидам.

Обнаружение. Из всех участков систем водоснабжения наиболее вероятно обнаружение в испарительных градирнях. Классическими методами гидробиологической микробиологии (посевы и подсчет КОЕ на стандартных средах) из-за паразитирования в организмах простейших, входящих в состав биопленок – амёб и инфузорий – обнаруживается не более 5% популяции (см. выше). Основной метод обнаружения – количественный молекулярный скрининг.

Необходимые действия для обнаружения. Отбор проб биопленок и воды из градирен и проведение в специализированной лаборатории молекулярно-генетических исследований материала.

Основные виды вызываемых биопомех. Источником биопомех в прямом смысле не является, но представляет собой источник опасности для здоровья персонала и населения как в силу вызываемого заболевания, так и в связи с способом и множественными путями распространения водных патогенов в различных технических системах (Рис. 9.28).

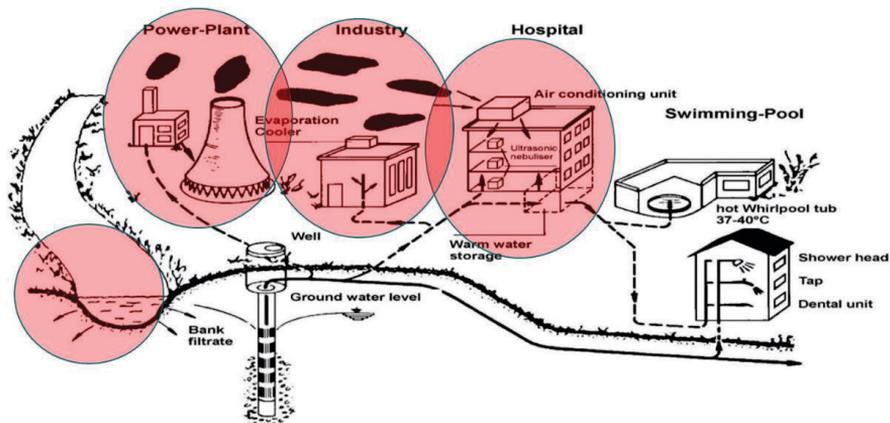


Рисунок 9.28 – Представление о распространении водных патогенов в системе водораспределения от источников до потребителей (по Exner, Schulltze-Robekke, 1987)

9.3.2.4. Общая картина распределения основных источников биопомех, обитающих в ВЧФЗ на критических искусственных участках техноэкосистемы объекта энергетики

Результаты исследования сведены в Таблицу 9.6.

Таблица 9.6 Участки и элементы оборудования СТВ, подверженные заселению нежелательными организмами и развитию биопомех

Участки и элементы оборудования СТВ, оцененные по итогам информационных опросов как критические, то есть подверженные развитию биопомех	Основные биологические объекты-источники и причины биопомех.					
	Дрейссе на и другие моллюски образатели	Наносы, состоящие из пустых створок ракушек	Мшанка рода Пломателла	Флоридетрит (нитчатые водоросли)	Сине-зеленые водоросли	Бактериально-водорослевая пленка
1	2	3	4	5	6	7
1 Внешние ГТС - водозаборная часть АЭС (напорные бассейны, подводящие каналы, ковши БНС), т.е. начальный участок хода технической воды	+	+	+	+	+	-

Продолжение таблицы 9.6

Участки и элементы оборудования СТВ, оцененные по итогам информационных опросов как критические, то есть подверженные развитию биопомех	Основные биологические объекты-источники и причины биопомех.					
	Дрейссена и другие моллюски обрастатели	Наносы, состоящие из пустых створок ракушек	Мшанка рода Плюмателла	Флорон/детрит (нитчатые водоросли)	Сине-зеленые водоросли	Бактериально-водорослевая пленка
2 Аванкамеры и другие конструкции ВЗС на БНС (струнаправляющие решетки, сородерживающие решетки, водоочистные машины и др.)	+	+	+	+	+	-
3 Система подачи воды (трубопроводы) к теплообменному оборудованию	+	+	+	+	+	-
4 Теплообменное оборудование: маслоохладители, теплообменники; трубки мелкого диаметра (конденсаторов); трубные доски; резервные системы; трубопроводы и др.	+	+	+	+	+	+

9.3.3. Сводка мишеней для применения методов борьбы, контроля и предупреждения развития основных источников биопомех и общие указания для последующих оценочных расчетов стоимости издержек (2 и 3 этапы работ по проекту)

Анализом открытых источников и фондовых материалов подготовлена сводная таблица основных составляющих экосистемных издержек, вызываемых ключевыми категориями источников биопомех. Сведения, скомпонованные в данную таблицу предназначены как для стоимостной оценки, так и в качестве справочного материала для хозяйствующих субъектов, прошедших информационно-аналитические исследования в соответствии с рекомендациями интегративного подхода и разработанными раздаточными материалами (Глава 2).

Наименование каждой мишени, упомянутой в сводной таблице и мишеней специфичных для предприятий, использующих в качестве источника водоснабжения ВЧФЗ, сопровождается пометками, обозначающими общий подход к контролю или устранению последствий.

Таблица 9.7 – Сводка мишеней для применения методов борьбы, контроля и предупреждения развития основных источников биопомех, общие указания. Предназначена для последующих расчётов стоимости издержек, связанных с развитием нежелательных элементов биоты.

Общий перечень основных групп мишеней	Комплекс мишеней, общие указания по борьбе (устранению (устр.)), контролю (контр.) и предупреждению (пред.) развития основных источников биопомех, проявление каждой мишени при развитии каждого источника							
	Моллюски семейства дрейссенид	Мшанка рода плюмателла	Биопленки	Цианопрокариоты и нитчатые водоросли	Кордилофора (колониальные гидроидные полипы)	**Баянус (усонogie рачки)	Брюхоногие моллюски	
1	2	3	4	5	6	7	8	
(1) Бактериально-водорослевые компоненты в потоке воды и на поверхности	пред.(+) Бактериально-водорослевая пленка	пред.(+) Бактериально-водорослевая пленка (личинки) пред.(0) Появляющиеся стадии	пред.(+) Компоненты биопленки, находящиеся в потоке воды; контр (+) ВПВ, сами бактериально-водорослевые плёнки и их компоненты, находящиеся в потоке воды	пред.(+) Компоненты биопленки, находящиеся в потоке воды, ВПВ	пред.(+) Бактериально-водорослевая плёнка пред.(0) Появляющиеся стадии	пред.(+) Бактериально-водорослевая пленка	пред.для (18) Компоненты бактериально-водорослевой пленки, находящиеся в потоке воды,	
(2) Расселительные стадии с повышенной уязвимостью (личинки, кладки)	пред.(+); контр (+) Трохофоры, велигеры, поствелигеры, брахицифональные личинки	пред.(+); контр (+) Личинки, находящиеся в потоке воды (анцеструлы, очень редко)	-		пред.(+); контр (+) Личинки, находящиеся в потоке воды (планулы)	пред.(+); контр (+) Науплии, циприсовидные личинки	пред.(+); контр (+) Кладки	
(3) Стадии с повышенной уязвимостью, способные к заселению поверхностей	контр (+) Осевшая молодь (ювенильные моллюски) не старше 1 месяца	контр (+) Зоонды-основатели колоний, находящиеся в потоке воды и их агрегации			контр, устр (+), Колонии в фазе активного роста	контр (+) Осевшая молодь (ювенильные рачки) не старше 1 месяца		

Продолжение таблицы 9.7

1	2	3	4	5	6	7	8
(4) «Транслоканты»	устр (+) Взрослые открепившиеся моллюски –	устр (+) Флотирующие живые фрагменты колоний с жизнеспособными стагообластами	Материал фазы дисперсии	устр (+) Флотирующие живые фрагменты слоевищ и трихомы цианопрокариот			устр (+) Моллюски, способные прикрепляться к поверхности пленке и транспортируемые потоками воды
(5) Прикрепленный живой материал в фазе роста	устр (+) Сформировавшиеся обрастания, друзы, щетки	устр (+) Колонии в фазе активного роста;				устр (+) Взрослые прикрепившиеся цементно постоянно рачки и сформированные ими щетки	устр (+), контр (+) Поселения моллюсков на поверхностях
(6) Мертвый биогенный материал разной степени мобильности	устр (+) Раковинный обломочный материал	устр (+) Колонии в фазе деградации как источники материала разной степени мобильности, включая мишень(4)	устр (+) Мертвый и отделившийся от поверхности материал биопленок разной степени мобильности		устр (+) Колонии в фазе деградации как источники материала разной степени мобильности	устр (+) Мертвый материал разной степени мобильности	устр (+) Мертвый материал разной степени мобильности
(7) Солитарные покоящиеся расселительные стадии	-	контр (+) Свободные жизнеспособные флотообласты, находящиеся в потоке воды			контр (+) Цисты		
(8) Солитарные покоящиеся расселительные стадии, депонированное на разных участках СТВ	-	устр (+) Свободные жизнеспособные флотообласты, формирующие «пыль» на поверхностях и присутствующие в мягких отложениях					

Продолжение таблицы 9.7

(9) Дополнительные защитные расселительные стадии	-	устр (+) Жизнеспособные флотобласты, заключенные внутри зрелых колоний и их фрагментов, как прикреплённых, так и мобильных (локализация соответственно с мишенями (4) и (6))	4	5	устр (+) фрустулы	7	8
(10) Солитарные прикреплённые покоящиеся стадии		устр (+) Жизнеспособные сессобласты на поверхности оборудования и влёкомых наносов (например, раковинного материала)			устр (+) Менонты, находящиеся на поверхности оборудования, заключённые в перисарк мертвых колоний		
(11) Ресурсы биогенного присхождения для развития источника биопомех			Макромолекулярный слой и органическое вещество, находящееся в растворённом и эмульгированном (жиры) состоянии в воде;				
(12) Сопряженные процессы, стимулирующие развитие источника биопомех			контр (+) Накипеобразование				
(13) Группировки живых организмов на акватории водоема: планктонное сообщество			контр (+) Фитопланктон, содержащий нежелательные виды цианопрокариот				

Окончание таблицы 9.7

1	2	3	4	5	6	7	8
(14) Группировки живых организмов на акватории водоема: цианопрокарионы с ассоциации				контр (+) Цианопрокариотные маты, развивающиеся на акватории водоема			
(15) Группировки живых организмов на акватории водоема: макрофиты				контр (+), устр (+) Развивающиеся на акватории водоема нитчатые водоросли и формируемый ими флорон			
(16) Минеральные ресурсы для развития источника биомех				Биогены			
(17) Процессы перемещения абиогенного материала				(пред), (устр (+)) Транспортируемые мишенями (5), (6), (14), (15) камни и песок			
(18) Пищевой ресурс							Биопленка
Возможное количество мишеней в выполнении или планирования действий по защите от биомех, характерных для каждого источника	6	10	5	9	7	5	6

Примечание: обозначения типов действий и их совокупности (общие указания):

– (контр.) – мишень поддается контролю: а) уничтожению до проявления биопомех или б) ингибированию (сдерживанию) развития, или в) стимулированию развития с целью перевода в активное (уязвимое) состояние и последующего уничтожения одним из методов физической, физико-химической, химической защиты;

– (пред.) – процесс развития источника поддается: а) прерыванию процесса на обратимой стадии, или б) полному недопущению такового из-за отсечения потока расселительных стадий, или в) снижению количества расселительных стадий, поступающих в систему, или г) ограничению (лимитированию) развития процесса через воздействие на ресурс или первичный источник;

– (устр.) – объект подлежит физическому устранению из системы;

– знак «+» после варианта действия (например (устр.) (+)), последующее обязательное действие;

– знак «0» – действие может быть нейтральным, то есть не гарантировать ожидаемого результата;

– отсутствие знака – первичное обязательное действие;

– указание двух типов действий в сочетании а) например, контр., устр. (+) последовательное выполнение действий, одно из которых выполняется в первую очередь, второе является последующим, б) устр., контр. – оба действия равноценны, могут выполняться последовательно или только одно из них.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Гонтарь В. И. 2016. Описание первой находки пресноводной мшанки *Plumatella geimermassardi* Wood&Okamura, 2004 (Phylactolaemata) в Копорской губе восточной части Финского залива // Региональная экология. 2016. № 1(43). С. 57–62.

Жадин ВИ, Герд СВ (1961) Реки, озера и водохранилища СССР их фауна и флора. М.

Методика «Ведение биолого-химического мониторинга систем циркуляционного и технического водоснабжения атомных станций МТ 1.2.1.15.1043- 2015.

Мокиенко А.В. 2021 Том 2, Вода и водно обусловленные инфекции, Одесса. Изд Одесского национального медицинского университета.

Орлова, М. И. Серая книга Российского сектора Балтийского моря: В 5 томах / М. И. Орлова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – 261 с.

Отчёт 2023., Отчёт о научно-исследовательской работе «Разработка прогноза динамики структурно-функционального разнообразия и услуг экосистем; совершенствование подхода к оценке экономического прогресса в регионе Финского залива как части Северо-Западного федерального округа Российской Федерации с учётом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона в контексте

эксплуатации биотических элементов природных комплексов на примере подводных ландшафтов в условиях естественных и техногенных воздействий» (промежуточный, этап 1). Тема FMRU-2023-0002 Государственного задания, Санкт-Петербург, СПбНЦ РАН, 2023, 486 с.

- Применение методов борьбы с биопомехами. (Проект методических указаний, разработчики – М.И. Орлова, Е.В. Строгова, В.В. Кузьмин) 2018 (на правах рукописи).
- Протасов А.А., Панасенко Г.А., Бабарига С.П. (2008) Биологические помехи в эксплуатации энергетических станций, их типизация и основные гидробиологические принципы ограничения. Гидробиологический журнал, 44(5): 14-53.
- Alternative disinfectants and Oxidants. Guidance Manual, 515R-99-014, April, EPA, 1999.
- Claudi R., Mackie G. Practical manual for zebra mussel monitoring and control. Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, 1994.
- European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation of Infections Caused by *Legionella* Species. Источник: <https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/european-technicalguidelines-prevention-control-and-investigation-infections>.
- Exner M., Schulze- Robbecke R. Legionelle nepidemiologie, Okologie, Infektionsquellen und preventive Masnahmen. Ges, Wes. 1987. V. 49. P. 90- 96.
- Legionella* control in cooling water systems. NSW health quidelines. NSW ministry of health, Sydney, 2018.

ГЛАВА 10. ПРИБРЕЖНОЕ РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ

Успенский А.А.

ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: roots_for_us@mail.ru

10.1. Невская губа

Берега Невской губы пологие песчаные, местами глинистые, на большой площади образуют обширные мелководья с песчаными пляжами и каменистыми косами, по южному побережью обильно заросшие прибрежными макрофитами. Глубина у берега составляет от 0,2 до 0,5 м, дно постепенно понижается, и глубина порядка от 1,0-1,5 м в основном находится более чем в 100 м от береговой линии. Более резкий свал дна на глубины порядка 2-3 м находится на участках о-ва Котлин у границы дамбы КЗС. Грунты в прибрежной зоне преимущественно песчаные, илистые в зарослях растительности, с примесью глины. Каменистые участки встречаются преимущественно по северному побережью. Антропогенный ландшафт занимает значительную площадь побережья, особенно в устьевой части реки Невы, у о. Котлин и вдоль дамбы КЗС.

Вдоль южного побережья Невской губы заросли макрофитов образуют практически сплошную полосу на мелководьях и в прибрежной заливаемой зоне, вдоль северного побережья – прерывистую, а на более глубоких участках растительность присутствует в виде отдельных островков. Высшая водная растительность на мелководьях до глубин порядка 1,5 м вдоль южного побережья представлена развитым поясом полупогруженной растительности (в основном тростником обыкновенным, камышом озерным и рогозом). Погруженная растительность и растительность с плавающими листьями представлена урутью, кубышкой, стрелолистом, рдестами, телорезом и т.д. Вдоль северного побережья губы обширные заросли погруженной растительности (в основном рдестов) встречаются на глубинах порядка 2–4 м. Как чистые, так и заросшие макрофитами участки мелководья практически повсеместно заняты сообществами нитчатых водорослей.

Весной мелководья Невской губы быстро прогреваются, что с учетом вышесказанного создает благоприятные условия для нереста и развития молоди пресноводных фитофильных рыб в прибрежной зоне. Кроме того, в Невской губе нагуливается молодь и производители тех видов рыб, чей нерест происходит в реке Неве и других притоках.

Из-за постоянного опреснения у побережья Невской губы преобладает соленость от 0,05 до 0,1%, что определяет пресноводный характер рыбного населения. Дамба КЗС существенным образом ограничивает заход в губу видов морской и солоноватоводной фауны из западных участков залива.

Рыбное сообщество прибрежных мелководий Невской губы представлено 24 видами 9 семейств, главным образом молодью фитофильных и лито-фитофильных видов рыб, чей нерест происходит непосредственно на прибрежных и зарослевых биотопах – леща, густеры, плотвы, окуня, судака, ерша. Такие постоянные обитатели мелководий как пескарь, уклейка, трехиглая и девятииглая колюшки, щиповка, бычок-цуцик, ротан представлены на мелководьях всеми возрастными группами. Половозрелые и ювенильные особи старших возрастных групп достаточно многочисленны в уловах плотвы, окуня, густеры, красноперки. Регулярно встречается молодь рыб, чей нерест происходит в реках, впадающих в Невскую губу – ельца и сырти, ребе – ельца и корюшки, ребе – ряпушки, язя и верховки, еще ребе – голавля и сырти. Видовой состав уловов на мелководьях, в целом, более разнообразен по сравнению с сетными уловами и на 60% отражает состав обычных видов рыб Невской губы (за вычетом крайне редких видов и интродуцентов).

Ядро ихтиоценоза прибрежного мелководья губы мало изменяется с сезоном года и включает пресноводные виды – уклейка, плотву, окуня, пескаря и ерша. Густера, лещ, трехиглая колюшка и бычок-цуцик характеризуются частотой встречаемости близкой к 50 %. Таким образом, ядро мелководного ихтиоценоза во многом совпадает с таковым на более глубоких участках Невской губы. Вместе с тем, данные виды характеризуются также наибольшими показателями обилия в неводных уловах, хотя показатели обилия были значительны только в случае уклейки, среди прочих видов данный показатель превышал 10% (многочисленные виды) только в 5 случаях (рис. 10.1).

10.2. Мелководный район

Вблизи берега встречаются многочисленные отмели и банки, глубина у берега обычно составляет 0,2-0,5 м, изобата 1,5 м местами расположена более чем в 1 км от береговой линии. Состав воды в Мелководном районе определяется стоком реки Невы и влиянием открытой части Финского залива. Соленость в прибрежной зоне колеблется от 0.1 до более 3.0 ‰. Наиболее выражено она нарастает вдоль южного берега – в районе Ижоры соленость уже, как правило, достигает 2-3 ‰. По северному берегу до г. Зеленогорска в значительной мере ощущается опресняющее воздействие стока реки Невы.

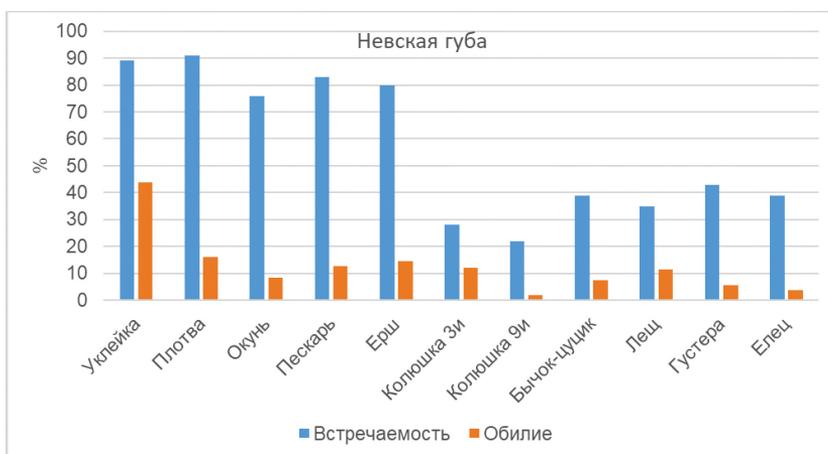


Рисунок 10.1– Виды рыб, характеризующиеся наибольшими показателями частоты встречаемости и обилия в уловах на прибрежном мелководье Невской губы

Заросли макрофитов наиболее хорошо развиты вдоль южного берега, а вдоль северного – в районе г. Сестрорецка. Растительность вдоль северного берега от Сестрорецка до мыса Флотский представлена преимущественно зарослями рдестов на глубинах от 1,5 до 3,0 м, прибрежная полупогруженная растительность практически отсутствует. На мелководьях в летний период как по северному, так и по южному побережью часто формируются большие скопления нитчатых водорослей.

Рыбное сообщество прибрежных мелководий данного района Финского залива представлено 29 видами 10 семейств, главным образом молодью фитофильных и лито-фитофильных видов рыб, чей нерест происходит непосредственно на прибрежных и зарослевых биотопах – леща, густеры, плотвы, окуня, судака, ерша. Состав и структура мелководного ихтиоценоза во многом схожи с таковыми, наблюдаемыми в Невской губе. Такие постоянные обитатели мелководий как пескарь, уклейка, трехиглая и девятииглая колюшки, щиповка, бычок-цуцик, ротан представлены на мелководьях всеми возрастными группами. Половозрелые и ювенильные особи старших возрастных групп достаточно многочисленны в уловах плотвы, окуня, густеры, красноперки. Регулярно встречается молодь рыб, чей нерест происходит в реках, впадающих в залив – ельца и корюшки, реже – ряпушки, язя и верховки, еще реже – голавля и сырты. Видовой состав уловов на мелководьях, в целом, более разнообразен по сравнению с сетными уловами и на 64% отражает состав обычных видов рыб (за вычетом очень редких видов и интродуцентов), населяющих данный участок залива. Ядро ихтиоценоза побережья мелководного района (рис. 10.2) составляют те же виды, что и в соседней пресноводной Невской губе (уклейка, плотва, окунь,

пескарь, ерш), главным образом, потому что прибрежные нерестилища обеспечивают успешный нерест тех же самых пресноводных видов. При этом в данной акватории заметно возрастает частота встречаемости бычка-цуцика и трехиглой колюшка, в то время как ерша и пескаря – снижается. В отличие от Невской губы, на данном участке залива в уловах появляются виды морского-солонатоводного комплекса, представленные обыкновенным бычком-лысуном и песчанкой.

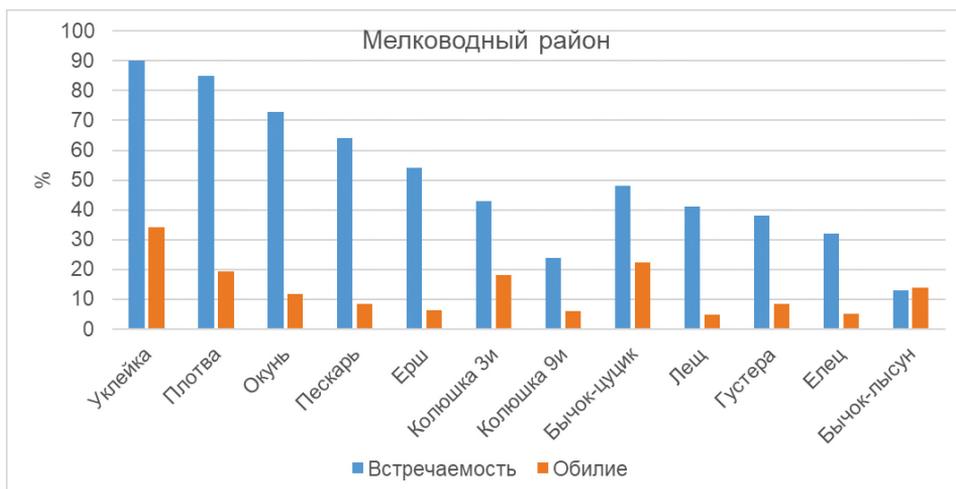


Рисунок 10.2 – Виды рыб, характеризующиеся наибольшими показателями частоты встречаемости и обилия в уловах на прибрежных биотопах мелководного района Финского залива

10.3. Копорская губа

Берега в районе Копорской губы низкие и пологие. Прибрежные мелководья песчано-каменистые с многочисленными моренными грядами и большим количеством валунов. Соленость воды относительно постоянна и составляет порядка 3%. Пояс прибрежной растительности выражен достаточно слабо, заросли макрофитов присутствуют в приустьевых участках рек и ручьев, в том числе на входах в каналы-охладители атомной электростанции. Вдоль береговой линии в летний период образуются плотные заросли и скопления оторванных от субстрата нитчатых водорослей.

Рыбное сообщество прибрежных мелководий Копорской губы представлено 23 видами 7 семейств. Такие постоянные обитатели мелководий как пескарь, уклейка, трехиглая и девятииглая колюшки, щиповка, голянь, бычки разных видов представлены на мелководьях всеми возрастными группами. Половозрелые и ювенильные особи старших возрастных групп также достаточно многочисленны в уловах плотвы и окуня. Регулярно встречается молодь рыб, чей

нерест происходит в реках, впадающих в Копорскую губу – сырты, реже – голавля. Тем не менее, молоди корюшки и ряпушки на мелководьях не обнаружено, вероятно по той причине, что в районе отсутствуют нерестовые реки этих видов. Видовой состав уловов на мелководьях, в целом, более разнообразен по сравнению с сетными уловами и на 49% отражает состав обычных видов рыб Копорской губы (за вычетом очень редких видов и интродуцентов). Ядро ихтиоценоза побережья Копорской губы (рис. 10.3) слагают в основном мелкие виды, главным образом, резиденты мелководных биотопов – уклейка, пескарь, колюшка трехиглая, бычок-цуцик и бычок-лысун обыкновенный, а также плотва и бычок-кругляк. При этом в данной акватории заметно возрастает частота встречаемости эвригалинных видов (колюшка трехиглая, бычок-кругляк) и видов морского-солонатоводного комплекса (бычок-лысун обыкновенный, песчанка).

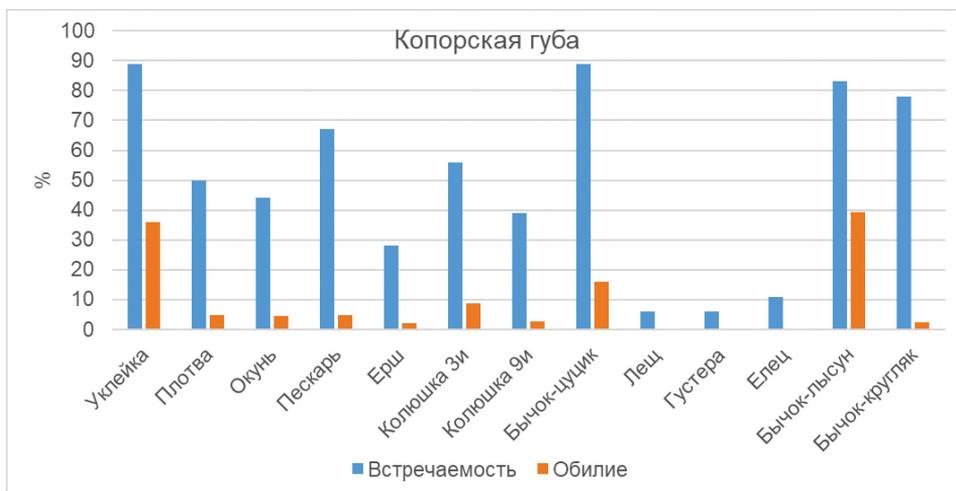


Рисунок 10.3. Виды рыб, характеризующиеся наибольшими показателями частоты встречаемости и обилия в уловах на прибрежном мелководье Копорской губы

10.4. Лужская губа

Береговая линия Лужской губы слабо изрезана. Узкая прибрежная зона с глубинами до 2 м составляет не более 3% площади губы. Только в южной части губы, в районе устья реки Луги находятся многочисленные мелководные песчаные косы и гряды, простирающиеся более чем на 1 км от коренного берега. Сложный донный рельеф образовался вследствие стока реки и постоянного волнового воздействия со стороны открытой части губы. Донные осадки в Лужской губе разнообразны: песок, заиленный песок, глина, присутствуют каменистые гряды, вдоль береговой линии нередки валунные нагромождения.

Водные массы Лужской губы подвержены воздействию северных и северо-западных ветров с открытой части губы, вызывающих сильное волнение. Уровень воды в Лужской губе сильно подвержен периодическим сгонно-нагонным колебаниям. Колебаний уровня обычно невелики и в среднем составляют порядка 25 см, тем не менее, в период продолжительных ветров разница уровней может достигать величины более 1 м. Соленость воды в прибрежной зоне варьирует от 2,0 ‰ в приустьевой части реки Луга и до 4,5 ‰ на выходе из губы.

Заросли макрофитов встречаются локально на приустьевых участках. Пояс погруженной растительности не выражен. В южной приустьевой части губы и в районе Липовской протоки заросли полупогруженной растительности значительную часть года слабо обводнены.

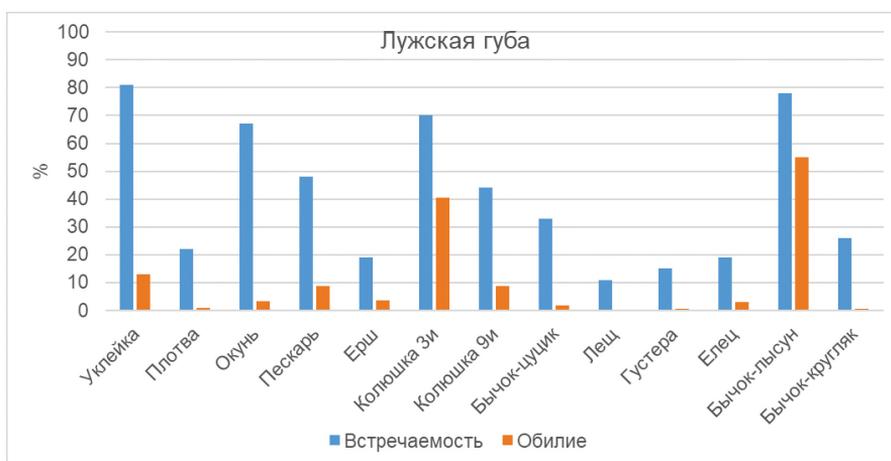


Рисунок 10.4— Виды рыб, характеризующиеся наибольшими показателями частоты встречаемости и обилия в уловах на прибрежном мелководье Лужской губы

Рыбное сообщество прибрежных мелководий с глубинами менее 1,5 м в Лужской губе представлено 26 видами 10 семейств, главным образом видами, чей нерест происходит непосредственно на прибрежных биотопах. Такие постоянные обитатели мелководий как пескарь, уклейка, трехиглая и девятииглая колюшки, щиповка, бычок-цуцик, бычок-лысун обыкновенный представлены на мелководьях всеми возрастными группами. Половозрелые и ювенильные особи старших возрастных групп достаточно многочисленны в уловах окуня. Регулярно встречается молодь рыб, чей нерест происходит в реках, впадающих в Лужскую губу – сырты, ельца, гольяна, язя, ребе – корюшки и ряпушки. Видовой состав уловов на мелководьях, в целом, более разнообразен по сравнению с сетными уловами и на 54% отражает состав обычных видов рыб Лужской губы (за вычетом очень редких видов и интродуцентов). Ядро

ихтиоценоза прибрежья (рис. 10.4) слагают в основном мелкие виды, главным образом, резиденты мелководных биотопов – уклея, колюшка трехиглая, бычок-лысун обыкновенный, а также окунь. При этом в данной акватории появляются виды солоноватоводного комплекса – салака и шпрот, последний на мелководье встречается единично.

10.5. Нарвский залив

Нарвский залив – наиболее открытая и подверженная воздействию открытой части Финского залива акватория. Берег залива прибойный. Грунты, выстилающие дно залива – песчаные, песчано-гравелистые, местами камни и гравийные скопления, а также комбинации этих грунтов. Литоральная зона залива узкая, вдоль побережья Кургальского полуострова отмечаются каменистые отмели, образующие закрытые бухты с плотными зарослями макрофитов. Соленость воды определяется стоком реки Нарвы и воздействием открытой части залива. К востоку от устья реки Нарва на несколько километров вдоль берега простирается узкая зона распреснения с соленостью воды менее 1-2 ‰, но уже вдоль побережья Кургальского полуострова соленость, как правило, составляет 3,0-4,5 ‰.

Рыбное сообщество прибрежных мелководий с глубинами менее 1,5 м в Нарвском заливе представлено 24 видами 8 семейств, главным образом видами, чей нерест происходит непосредственно на прибрежных биотопах. Такие постоянные обитатели мелководий как пескарь, уклея, трехиглая и девятииглая колюшки, щиповка, бычок-цуцик, бычок-лысун обыкновенный представлены на мелководьях всеми возрастными группами. Половозрелые и ювенильные особи старших возрастных групп достаточно многочисленны в уловах плотвы, окуня и гольяна. Регулярно встречается молодь рыб, чей нерест происходит в реках, впадающих в Нарвский залив – гольяна и сырты, реже – корюшки. Видовой состав уловов на мелководьях, в целом, более разнообразен по сравнению с сетными уловами и на 47% отражает состав обычных видов рыб Нарвского залива (за вычетом очень редких видов и интродуцентов). Ядро ихтиоценоза прибрежья (рис. 10.5) слагают в основном мелкие виды, главным образом, резиденты мелководных биотопов – уклея, пескарь, колюшки трехиглая и девятииглая, бычок-лысун обыкновенный и бычок-цуцик, а также бычок-кругляк. В данной акватории встречаются виды солоноватоводного комплекса — салака и шпрот, хотя частота их встречаемости и обилие на мелководьях невелики. Существенно возрастает в данной акватории встречаемость пресноводных-эстуарных видов – колюшки девятииглой и бычка-

цуцика, видов, хорошо приспособленных к обитанию и размножению как в пресных, так и в олигогалинных и солоноватых водах эстуариев.

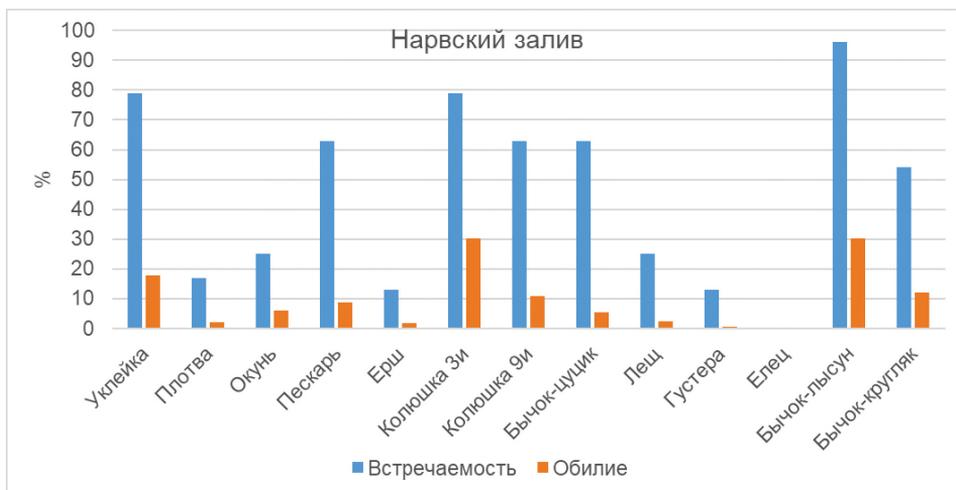


Рисунок 10.5 – Виды рыб, характеризующиеся наибольшими показателями частоты встречаемости и обилия в уловах на прибрежном мелководье Нарвского залива

10.6. Выборгский залив

Выборгский залив – уникальный пример акватории со шхерным типа побережья в восточной части Финского залива. Грунты у берега преимущественно каменистые с песчаными отмелями, валунами и моренными грядами. Заросли полупогруженных и погруженных макрофитов обширны в мелководных шхерах и многочисленных бухтах. Узкий пояс полупогруженной растительности (шириной до 10 м) присутствует практически по всему периметру акватории. В летнее время залив характеризуется массовым развитием нитчатых и одноклеточных водорослей, провоцирующих «цветение» воды. Соленость воды возрастает от пресной во внутренней части акватории около выхода из Сайменского канала до 2-3 ‰ во внешней части залива. В заливе располагается большое количество крупных и мелких островов с относительно мелководными протоками между ними и мелководными, частично заиленными бухтами.

Рыбное сообщество прибрежных мелководий Выборгского залива представлено 17 видами 6 семейств, главным образом фитофильными и лито-фитофильными видами рыб, чей нерест происходит непосредственно на прибрежных и зарослевых биотопах – уклейки, плотвы, окуня, колюшки трехиглой, обыкновенного бычка-лысуна. Такие постоянные обитатели мелководий как пескарь, уклейка, трехиглая и девятииглая колюшки, щиповка, бычок-цуцик представлены на мелководьях всеми возрастными группами.

Половозрелые и ювенильные особи старших возрастных групп достаточно многочисленны в уловах плотвы, окуня, красноперки, голяна. Представители анадромных видов в уловах на мелководьях Выборгского залива отсутствовали. Видовой состав уловов на мелководьях, в целом, более разнообразен по сравнению с сетными уловами и на 36% отражает состав обычных видов рыб Выборгского залива (за вычетом очень редких видов и интродуцентов). Ядро ихтиоценоза прибрежья (рис. 10.6) слагают уклейка, окунь, трехиглая колюшка и обыкновенный бычок-лысун. В Выборгском заливе наиболее высока частота встречаемости красноперки по сравнению с другими районами залива, а также только здесь на прибрежном мелководье была обнаружена молодь щуки, что говорит о наличии нереста данного вида непосредственно на местных мелководных биотопах.

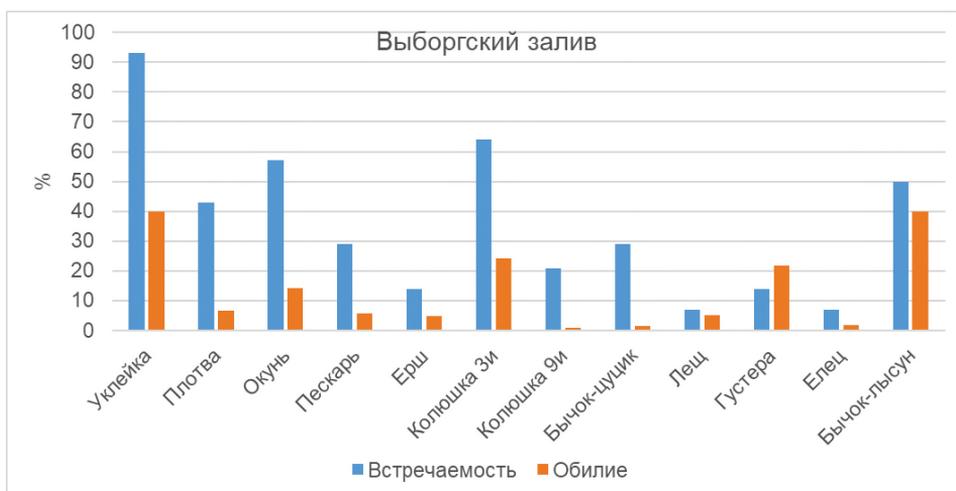


Рисунок 10.6 – Виды рыб, характеризующиеся наибольшими показателями частоты встречаемости и обилия в уловах на прибрежном мелководье Выборгского залива

ГЛАВА 11. РЕЗУЛЬТАТЫ АВИАЦИОННОГО УЧЕТА ЛАСТОНОГИХ В ФИНСКОМ ЗАЛИВЕ В 2021 И 2023ГГ.

*М.В.Веревкин¹⁾, Л.Л.Войта²⁾

¹⁾ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
vermiv@yandex.ru

²⁾ФГБУН Зоологический институт Российской академии наук.

ВВЕДЕНИЕ

Численность животных – важнейший критерий при оценке состояния популяции представителей вида, обитающих на конкретной территории. Изменение численности дает нам основание судить об ухудшении или улучшении экологических условий, необходимых для жизни животных. Балтийское море в целом подвержено значительному антропогенному воздействию, в том числе и самая восточная его часть – Финский залив, который активно используется для рыболовства и трафика крупнотоннажных судов. Состояние популяций морских млекопитающих, обитающих в Балтийском море, как конечное звено пищевой цепи, отражает экологическое состояния моря и признается специалистами биоиндикатором.

Контроль численности, оценка ее динамики являются основой мониторинга и менеджмента популяций ластоногих Балтийского моря. Единый подход в оценке численности дает возможность получать сравнимые результаты при проведении учетов разными специалистами на разных территориях и в разных странах. В результате формируется общая картина о состоянии популяций ластоногих. Хельсинская комиссия (Baltic Marine Environment Protection Commission, HELCOM) 14-8 мая 2018 г. утвердила общую методику проведения учета морских млекопитающих в Балтийском море. Наша работа проведена по этой методике.

11.1. Авиационный учет балтийской кольчатой нерпы (*Pusa hispida botnica*)

11.1.1. Динамика численности

В настоящее время в Финском заливе обитает популяция балтийской кольчатой нерпы (*Pusa hispida botnica* Gmelin, 1788). Численность этой популяции уменьшается. С 1980 г. она сократилась с 3-4 тысяч особей до 200-300 особей к концу прошлого века (Härkönen et al., 1998; Hårding, Härkönen,

1999). Данные авиаучетов, проведенных в последние семь лет, показывают, что общая численность нерпы в восточной части Балтийского моря в акватории трех стран Финляндии, Эстонии и России находится на чрезвычайно низком уровне и составляет около 100 особей на всю акваторию залива (Verevkin, et. al. 2018)

11.1.2. Методика

Учеты кольчатой нерпы в российской части Финского залива проводились по методике HELCOM (Monitoring guidelines for seal abundance and distribution in the HELCOM area, 2018). Высота полета 90 м, равномерность скорости самолета и дистанция между трансектами контролировались пилотом по приборам самолета. Средняя скорость на трансектах составляла 190-200 км/час.

Ширина полосы учета 800 м. Границы полосы каждого наблюдателя (с левого и правого борта) контролировалась визуальными отметками на стекле перед наблюдателем и на стойке крыла. Метки устанавливались с помощью клинометра.

Каждое встреченное животное фиксировалось на цифровую фотокамеру с GPS отметкой каждой встречи. Координаты встреч кольчатой нерпы на маршрутах сохранялись в формате: WGS84. Количество ластиногих подсчитывалось по фотографиям. Данные о местоположении наблюдаемых животных извлекались из снимков в EXIF. Численность нерп на льду (абсолютная) рассчитывалась путем пересчета фактического количества животных на наблюдаемых полосах на всю площадь пригодного льда.

Кольчатые нерпы идентифицировались по фотографиям. Серый тюлень, *Halichoerus grypus* (Fabricius, 1791), также встречается на льду исследованной акватории.

Согласно рекомендациям HELCOM, учитывали силу ветра, процент облачности и осадки не только в день учета, но и минимум за два дня до проведения работ. Кроме того, принимали во внимание погоду на следующий день, т.к. при приближении шторма нерпы могут уйти со льда заранее.

Незначительная облачность позволила получить удовлетворительные космические снимки с сайта NASA (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>), как в 2021 г., так и 2023 г. Для привязки снимка к трансектам использовали формат KMZ и программу BaseCamp. Расчет площади льда производился в программе Sas.Planet.

Авиационный учет балтийской кольчатой нерпы в 2021 г. проводился 12 и 15 апреля, в 2023 г. 11 и 17 апреля, с борта самолета Cessna 182. К моменту проведения учета снежные убежища нерп растаяли, и линяющие животные

11.1.3. Результаты учета кольчатой нерпы в 2021 г.

11.1.3.1. Результаты авиационного учета 12 апреля 2021 г.

Первый день авиационного учета проведен 12 апреля с 06:30 до 10:41 (UTC). Протяженность учетного маршрута (суммарная длина всех трансект) составила 216 км. Всего было отработано 24 трансекты меридионального направления; среднее расстояние между трансектами составляло 2,828 км. Фактическая площадь учета составила 172,8 кв. км. Во время прохождения маршрута было отмечено 14 кольчатых нерп по правому борту, и 6 по левому борту. Общее количество встреченных животных — 20 особей (Рис. 11.2). Однако из расчетов численности и плотности вида была исключена одна встреча, из-за того, что зверь был отмечен за пределами учетной трансекты. В результате расчеты проводились для 19 экземпляров на 14,1% фактически обследованной площади всего льда. Абсолютное число животных на льду на 12.04.2021 г. оставило 135 особей (Табл. 11.1).

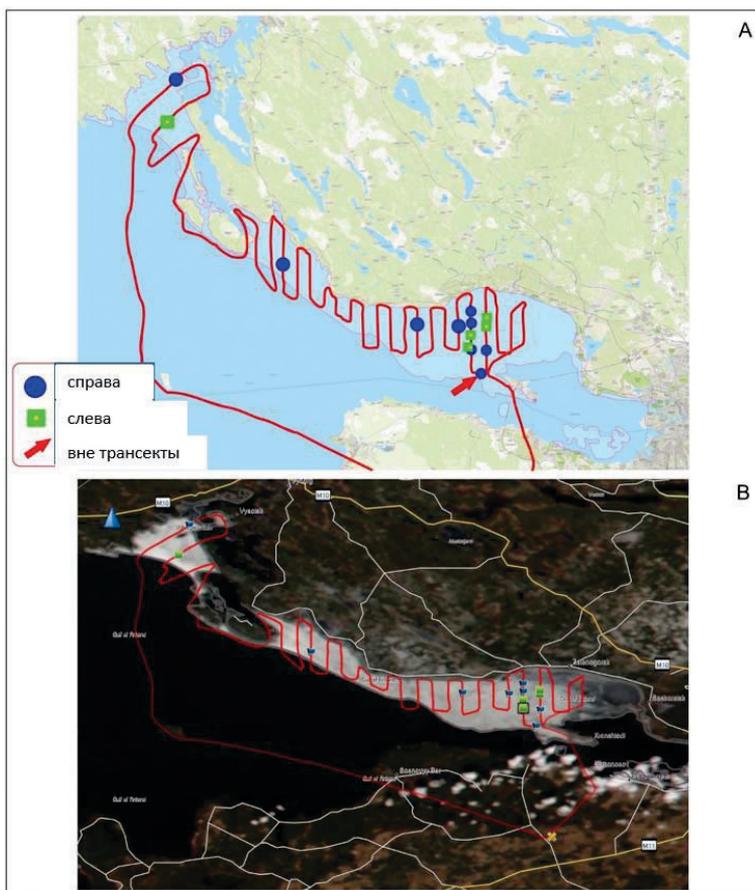


Рисунок 11.2. - Карта маршрута (красная, зеленая линии на А и В, соответственно) и точки встреч кольчатой нерпы на льду во время авиаучетов 12 апреля 2021 г.: А – схематично; В – наложение данных по треку и точкам встреч на космоснимок NASA.

11.1.3.2. Результаты авиационного учета 15 апреля 2021 г.

Второй день авиационного учета проведен 15 апреля с 05:54 до 11:23 (UTC). Протяженность учетного маршрута (суммарная длина всех трансект) составила 273 км. Всего было отработано 26 трансект меридионального направления; среднее расстояние между трансектами составляло 2,498 км. Фактическая площадь учета составила 218,4 кв. км. Во время прохождения маршрута было отмечено 12 кольчатых нерп по правому борту, и 8 нерп по левому борту. Общее количество встреченных животных – 20 особей (Рис. 11.3). Однако из расчетов численности и плотности размещения животных было исключено четыре встречи, из-за того, что звери были отмечены за пределами учетной трансекты. В результате расчеты проводились для 16 экземпляров нерп на 16,7% фактически обследованной площади льда. Абсолютное число животных на льду на 15.04.2021 г. составило 96 особей (Табл. 11.1).

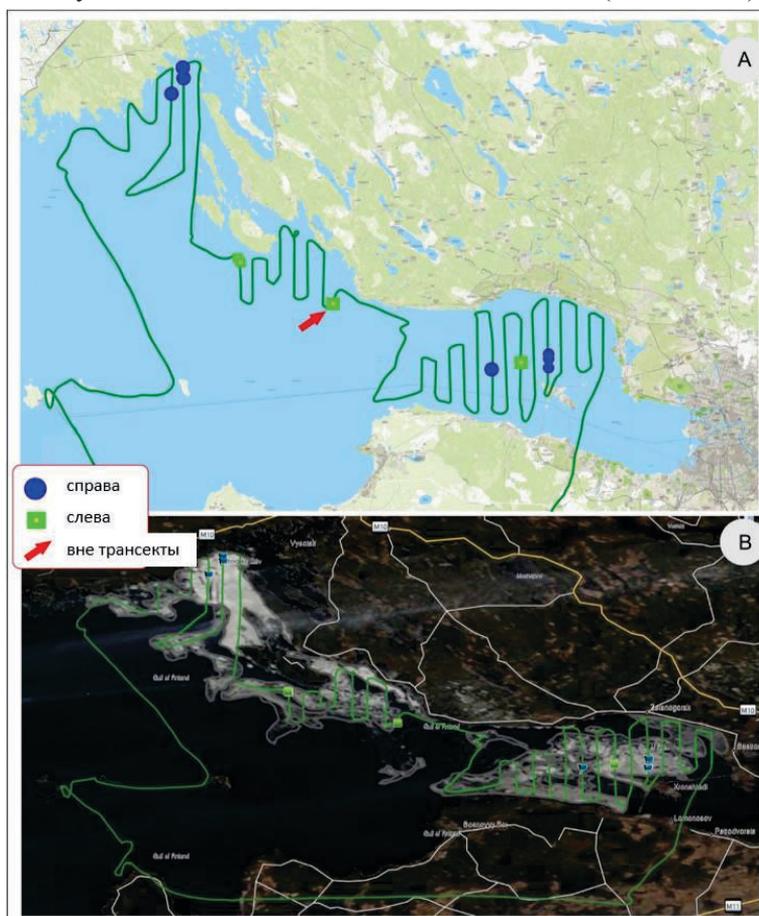


Рисунок 11.3 – Карта маршрута (красная, зеленая линии на А и В, соответственно) и точки встреч кольчатой нерпы на льду во время авиаучетов 15 апреля 2021 г.: А – схематично; В – наложение данных по треку и точкам встреч на космоснимок NASA

11.1.4. Учет кольчатой нерпы в 2023 г.

11.1.4.1. Результаты учетов кольчатой нерпы 11 апреля 2023 г.

Первый день авиационного учета проведен 11 апреля с 08:41 до 12:59 (UTC) По принятой методике было обследовано 151,2 км²; протяженность учетного маршрута составила 752 км. Всего было отработано 11 трансект; среднее расстояние между трансектами составляло 1,87 км. Фактическая площадь учета составила 601 км²). Во время прохождения маршрута всего было отмечено 29 кольчатых нерп по правому борту и 12 нерп по левому борту. Общее количество встреченных животных — 41 экземпляр (Рис.11.4). Однако из расчетов численности и плотности размещения животных было исключено 27 встреч, зафиксированных за пределами учетной трансекты. В результате, расчеты проводились для 14 экземпляров нерп на 13% обследованной по принятой методике площади ледяных полей. Расчет численности кольчатых нерп 11.04.2023 г. на льду оставила 107 особей (Табл. 11.1). Учитывая малые площади льда, где возможно было провести учет по методике случайных трансект, в абсолютную численность животных на льду добавили 27 нерп, встреченных на отдельных плавающих льдинах, которые разыскивали не случайным методом. В результате, по нашей оценке, 11.04.2023 на льду были 134 кольчатые нерпы.

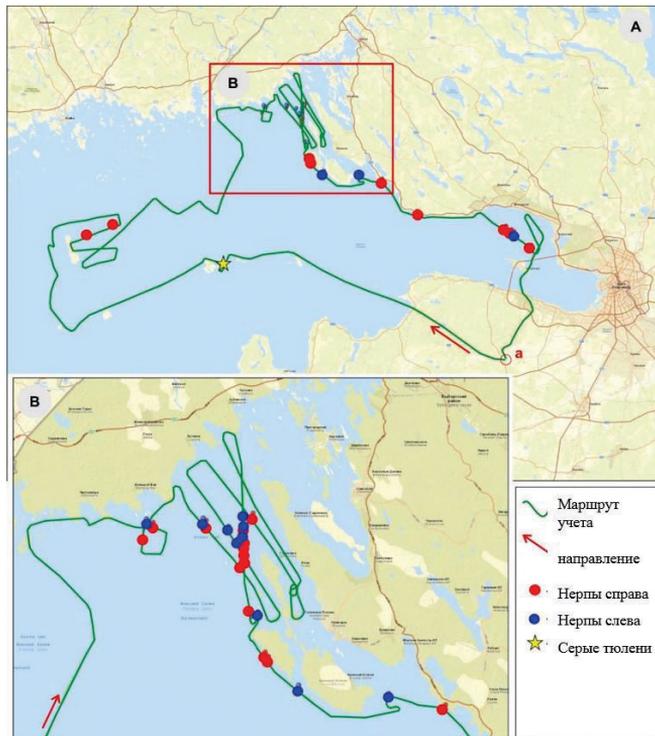


Рисунок 11.4 Встречи тюленей 11.04.2023 г.: А – общая карта района работ с маршрутом; В – увеличенный участок маршрута

11.1.4.2 Результаты учетов кольчатой нерпы 17 апреля 2023 г.

Второй день авиационного учета проведен 17 апреля с 03:50 до 07:25 (UTC) По принятой методике было обследовано 56 км² протяженность учетного маршрута составила 589 км. Всего было отработано 12 трансект; среднее расстояние между трансектами составляло 1,16 км. Фактическая площадь учета составила 471 км². Во время прохождения маршрута было отмечено 24 кольчатые нерпы по правому борту и 17 нерп по левому борту. Общее количество встреченных животных — 41 экземпляр (Рис. 11.5). Однако из расчетов численности и плотности размещения животных было исключено 23 встречи, зафиксированные за пределами учетной трансекты. В результате, расчеты проводились для 18 экземпляров нерп на 36,6% обследованной по принятой методике площади ледяных полей. Расчет численности кольчатых нерп 17.04.2023 г. на льду составил 49 особей. В абсолютную численность животных, встреченных на льду, добавили 23 нерпы, обнаруженные на отдельных плавающих льдинах, которые разыскивали не случайным методом. В результате, по нашей оценке, 17.04.2023 на льду были 72 кольчатые нерпы.

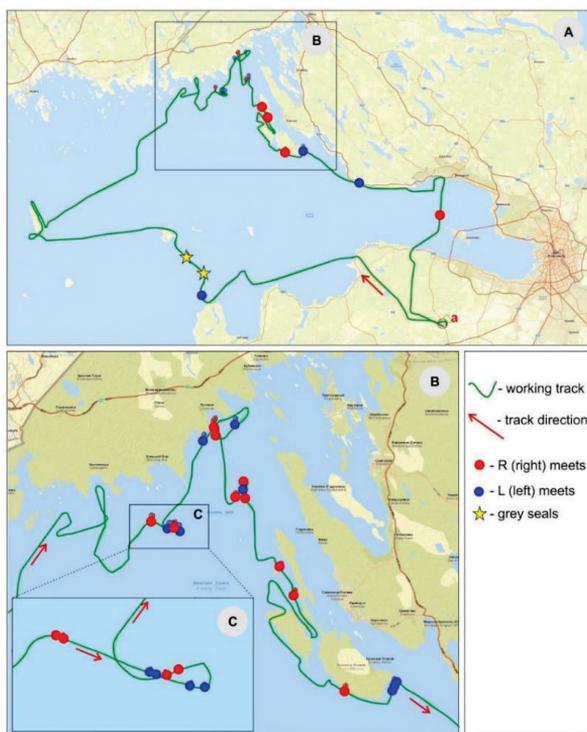


Рисунок 11.5 – Встречи тюленей 17.04.2023 г.: А – общая карта района работ с маршрутом; С – увеличенный участок маршрута

Погодные условия 2023 г. в период проведения учета сильно отличались от предыдущих лет, это продолжительный восточный ветер и быстрое таяние

льда из-за шторма. На ледяных полях подсчет и экстраполяция учтенных нерп была сделана стандартным способом. Значительное число нерп учтено на маршрутах, выбранных целенаправленно, не случайным образом, в общий расчет их не вставляли, но добавили к расчетной величине учтенных животных. Получили статистические данные учета и абсолютные (Табл.11.1).

В результате проведенных авиаучетов, расчетная численность кольчатой нерпы на льду в апреле 2023 г. в российской акватории Финского залива составила 107 особей. Общая площадь льда 11.04.2023 г., приближалась к данным предыдущих лет учета (Табл. 11.1). Данные второго дня учетов, 17.04.2023 г., с крайне низкой площадью льда — 153 км², приводятся, но в расчет численности и плотности нерп не включаются. Плотность распределения нерп в апреле 2023 г. составила 0,02 особи/км². Плотность распределения нерп ниже, чем в 2017 г., когда она составляла 0,03 особей/км², и значительно ниже, чем показатели 2021 г. (0,07-0,11 особей/км²). В то же время общая численность учтенных животных 134 особи, что соответствует результату учета 2021 г.

По нашим данным численность популяции балтийской кольчатой нерпы в период 2021-2023 сохранилась на одном уровне. Возможно, что часть животных унесло с дрейфующими льдами на финскую территорию, где учет в 2023 году не проводили. К сожалению, количество нерп на этих льдах неизвестно, но эта цифра может быть показателем прироста популяции после 2021г.

Исследования, проведенные в Российской Федерации и Финляндии, подтвердили, что 'ядро' распространения кольчатой нерпы находится на российской части акватории Финского залива. Распространение кольчатой нерпы в финской акватории залива в последние годы, лимитируется наличием льда. Находки нескольких нерп в Финляндии и их отсутствие в Эстонии подтверждают результаты исследований по телеметрии тюленей (Верёвкин, Юсси, 2023)

Таблица 11.1 – Результаты учета кольчатой нерпы в 2012–2023 гг.

Год	Длина маршрута (км)	Обследовано льда (км ²)	Общая площадь льда (км ²)	Процент обследованной площади льда	Кольчатая нерпа	
					встречено	Абсолютное число нерп
2012	642,2	517	3916	13,2	12	90
2017	490,2	392	2451	16	13	81
2018	200	160	1191	13	13	100
2021	216	172,8	1225	14,1	19	135
	273	218,4	1308	16,7	16	96

Год	Длина маршрута (км)	Обследовано льда (км ²)	Общая площадь льда (км ²)	Процент обследованной площади льда	Кольчатая нерпа	
					встречено	Абсолютное число нерп
2023	752	151,2	1160	13	14/41*	107/134**
	589	56	153	36,6	18/41*	49/72**

Примечание: * — число нерп на трансектах/общее число нерп; ** —число зверей в пересчете на общую площадь льда в заливе методом экстраполяции (по числу нерп на трансектах)/абсолютное число нерп (на трансектах +учтенные вне трансект).

11.2. Авиационный учет балтийского серого тюленя (*Halichoerus grypus macrorhynchus*)

11.2.1. Динамика численности

В начале прошлого века в Балтийском море было около 90 000 особей балтийских серых тюленей (*Halichoerus grypus macrorhynchus* Hornschuch et Schilling, 1850), но в результате интенсивной охоты их численность катастрофически сократилась. В 1940 г. численность подвида оценивалась примерно в 20 000 особей, а к середине 1970-х число балтийских серых тюленей было не более 3 000 особей (Hårding et al., 2007). Данных о численности этого вида тюленей в Финском заливе в это время, нет. В дальнейшем, благодаря принятым мерам охраны животных и мест их обитания, численность серого тюленя в Балтийском море стала расти. Численность серого тюленя в Балтийском море в 2021 г. составила 41 530 особей. (Табл. 11.2). Представленная таблица основана на данных полученных рабочей группой экспертов по тюленям HELCOM (Baltic Marine Environment Protection Commission 15th Meeting of HELCOM Expert Group on Marine Mammals, 2021). Сейчас в Финском заливе обитает стадо, которое имеет контакты с тюленями из центральной части Балтийского моря. (Hårding et. al. 2007; Веревкин, 2012).

11.2.2. Методика

Авиационные учеты 2021 и 2023 гг. проводились одновременно по всему Балтийскому морю. Даты учетов серого тюленя согласовались на заседании группы экспертов HELCOM по морским млекопитающим. Авиачет серых тюленей сделан по методике, рекомендованной руководством по мониторингу морских млекопитающих HELCOM (Monitoring guidelines for seal abundance and distribution in the HELCOM area. 2018). Серые тюлени в Балтийском море единая популяция, их распространение охватывает большую часть акватории моря, учет проводится в период линьки, когда максимальное число животных находятся на

залежках. Результаты учитываются в официальной статистике численности этого вида ластоногих в Балтийском море.

В настоящее время в российской акватории Финского залива можно ожидать встречи более 20 залежек серых тюленей. Они могут находиться на отдельных камнях рифа, на песчаных или галечных пляжах островов и на островах, образованных выходами Скандинавского щита (Рис. 11.6, 11.7 и 11.8).



Рисунок 11.6 – Залежка серого тюленя 29.05.23 на камнях и песчаной косе рифа у о. Вигрунд



Рисунок 11.7 – Залежка серого тюленя на песчано-галечной косе 02.06.23



Рисунок 1.8 – Залегка серого тюленя 02.06.23. на островах, образованных, выходами Скандинавского щита

Для проведения учета выбраны дни с наиболее благоприятными погодными условиями: малооблачные с минимальным ветром. В расчет брали прогноз погоды за день и в день учета. Маловетренный период без дождя в течение 2-3 дней дает возможность большинству тюленей оставаться на залежках. В рекомендациях HELCOM отмечено, что тюлени, как правило, больше выходят на залежки в сухую погоду, поэтому работы не рекомендуется проводить, если в течение 6 часов до учета шел дождь. Для обеспечения качества фотографий и максимального числа тюленей на залежках, съемки проводятся только при скорости ветра ниже 8 м/с. Все требования к состоянию погоды были выполнены.

При проведении авиаучетов обследовали все острова и рифы в российской акватории Финского залива, где ранее отмечали ластоногих или они могли бы теоретически появиться. Осматривали более 20 мест, где ожидали встретить залежки ластоногих, кроме островов и рифов провели осмотр всего южного и северного побережья.

Работы велись с борта самолета Cessna 182. К точке возможной залежки приближались на высоте 200-300 м. Проводили наблюдение в бинокль и при наличии тюленей выбирали оптимальный маршрут для подхода к залежке. Снижали скорость и планировали непосредственно к залежке до минимально безопасной высоты при минимально тихой работе двигателя. Наблюдатель

начинал серию фотографий с большого расстояния и продолжал съемки до схода тюленей с залежки.

Фотографировали всех морских млекопитающих на залежках, что необходимо для подсчета ластоногих, а также определения вида, который, зачастую можно определить, только просматривая изображения на экране компьютера. Кроме того, фотографировали все возможные места пригодные для залежки ластоногих, что помогало найти животных уже на полученной фотографии, даже если они и не были замечены во время облета. При подсчете тюленей по фотографиям оценивали все фото, полученные на залежке. Учетных животных отмечали на фотографии маркером. Проводили анализ расположения подсчитанных особей и на следующих фотографиях их не отмечали, т.е. избегали двойного учета одних и тех же животных. Полученные фотографии дают возможность определить вид ластоногих и подсчитать их на залежках и в воде.

В сезон учета проводили два полета с промежутком между ними несколько дней, что обусловлено погодными и техническими условиями. Маршруты обоих полетов практически дублировали друг друга и были проложены так, чтобы посетить наиболее важные места для морских млекопитающих.

Все фотографии сделаны в открытое окно, как это рекомендовано в инструкции HELCOM. Количество серых тюленей подсчитывалось по фотографиям. Количество учетных тюленей суммировалось со всех залежек в российской акватории Финского залива, в качестве учетной численности использовали наибольшее число, полученное за дни обследования. Полученные фотографии рассматривались и обрабатывались в программах: Fast Stone, Image Viewer, IrfanViewer.

11.2.3. Результаты учета серого тюленя в 2021 г.

11.2.3.1. Результаты учетов серого тюленя 25 мая 2021 г.

При авиаучете, проведенном 25.05.21, серые тюлени были отмечены на 9 островах и рифах от острова Родшер на западе до рифов у острова Котлин на востоке залива.

Общий результат авиационного учета проведенного 25.05.21 составил 1279 особей серого тюленя.

11.2.3.2. Результаты учетов серого тюленя 31 мая 2021 г.

При авиаучете, проведенном 31.05.21, серые тюлени были отмечены на 10 островах и рифах от острова Родшер на западе, до рифов у острова Котлин на востоке залива. В результате 31.05.21 учли на 359 серого тюленя больше, чем 25.05.21.

Общий результат авиационного учета проведенного 31.05.21 составил 1638 особей серого тюленя.

За два дня авиаучетов общая длина маршрута составила 1380 км: 25 мая - 687 км и 31 мая - 693 км. Серые тюлени были отмечены на 14 островах и рифах. Согласно методики учета, рекомендованной HELCOM, количество учтенных тюленей на залежках за день учета суммируется, а для оценки численности популяции используется наибольшее число животных полученное за дни обследования. Как результат проведенного учета в 2021 г. фиксируем максимальное число отмеченных серых тюленей: 1638 особей. (Табл.11.2).

11.2.4. Результаты учетов серого тюленя 2023 г.

При проведении авиаучета был сделан осмотр 22 потенциальных мест встреч серых тюленей на залежках от самого западного российского о.Родшер до о. Котлин на востоке Финского залива. Количество залежек в 2023 г. меньше, чем в 2021 г. При этом численность ластоногих на основных залежках заметно больше, чем в 2021 г., а общее число учтенных животных больше на 854 особи.

11.2.4.1. Результаты учетов серого тюленя 29 мая 2023 г.

Серые тюлени были отмечены на 6 островах и рифах. Значительное число серых тюленей ожидаемо оказалось в районе Кургальского полуострова. Неожиданно много тюленей отметили на рифах у о.Вигрунд, 1 306 особи (Рис.11.6).

Общий результат авиационного учета, проведенного 29.05.23, составил 2 492 особи серого тюленя.

11.2.4.2. Результаты учетов серого тюленя 2 июня 2023 г.

Серые тюлени были отмечены на 8 островах и рифах.

На о.Хитоматола по сравнению с первым учетом их стало более чем в 2 раза больше, 373 особи. Все животные расположилась на песчанной косе (Рис.11.7). Общий результат авиационного учета, проведенного 2.06.23, составил 2141особи серого тюленя.

Численность учтенных животных в первый день больше, чем во второй, но это связано сокращением численности на рифах у о. Вигрунд. На остальных залежках во второй день тюленей было больше. Кроме того, добавились две залежки, которые пустовали в первый день учета. Меньшее число серых тюленей у о.Вигрунд предположительно связано с фактором беспокойства. Например, с проходом корабля или пролетом вертолета, когда залежка сошла, и не все особи вернулись на сушу, часть животных осталась в воде или ушла на другие залежки. Результаты исследований, проведенных в этом году, представляют собой

пример, доказывающий преимущество учета животных на всех залежках в один день, что возможно с борта самолета. Также из этого примера следует и необходимость минимум двух или более учетов в год.

При учете 29.05.23 отметили 2 492, а 2.06.23 – 2 141 особей серого тюленя, т.е. зафиксированное максимальное число серых тюленей составляет 2 492 особей.

Таблица 11.2 – Численность балтийского серого тюленя В Финском заливе и всего в Балтийском море

	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2018	2020	2021	2023
Российская акватория Финского залива	390	326	331	400	446	305	1204	1593	1638	2492
Всего в Финском заливе	756	803	965	1040	1417	1193		2390	3068	3609
Всего в Балтийском море	20700	22000	22330	20395	23941	28095		40075	41530	45839

Из приведенных данных видно, что численность серого тюленя в Финском заливе растет. Более того в последние годы быстрее чем раньше. Рост численности в российских водах залива связан с теплыми зимами и наличием плавающего льда в восточной части Балтийского моря, где тюлени могут размножаться. Ранее встречи серых тюленей на льду при авиаучетах кольчатых нерп были единичны. Теперь тюлени стали зимой обычны и могут размножаться по всей акватории залива вплоть до о.Котлин. Кроме того, численность всей популяции балтийского серого тюленя растет (Табл.11.2) и животные свободно перемещаются по всей акватории Балтийского моря, что приводит к увеличению их численности в период линьки в российских водах.

ВЫВОДЫ

1. Численность балтийской кольчатой нерпы в Финском заливе остается на крайне низком уровне. По результатам учета 2021 г. составила 135 особей, а по результатам учета в 2023 составила 134 особи. Сохраняется риск исчезновения этого подвида на территории России.

2. Численность серого тюленя в российской акватории Финского залива растет и находится на высоком уровне. По результатам учета 2021 г. составила 1 638 особей, а по результатам учета в 2023 составила 2 492 особи.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авиационные учеты ластоногих проведены при финансовой поддержке компании Nord Stream 2 AG в рамках работ по экологическому мониторингу морских млекопитающих в Финском заливе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Веревкин М.В., Сагитов Р.А. 2007. Морские Млекопитающие. В кн. Природная среда и Биологическое разнообразие архипелага Березовые острова (Финский залив) Санкт-Петербург. С. 328–331.
- Веревкин М.В. 2012. Современное состояние населения настоящих тюленей в Финском заливе Балтийского моря // Морские млекопитающие Голарктики, Сборник научных трудов по материалам VII международной конференции. Суздаль, Россия, 24-28 сентября С. 144-148.
- Верёвкин М.В., Юсси М. 2023. Использование среды обитания балтийской кольчатой нерпой (*Pusa hispida botnica*) в Финском заливе Петербургская Академическая наука Альманах, Выпуск 2, Деятельность учреждений науки РАН в 2021–2022 годах с 187-203.
- Härkönen T., Stenman O., Jussi M., Jussi I., Sagitov R. & Verevkin M. 1998. Population size and distribution of the Baltic ringed seal (*Phoca hispida botnica*) // Ringed seals in the North Atlantic in NAMMCO scientific publications. Vol. 1. P. 167–180.
- Hårding, K., and Härkönen, T. 1999 Development in the Baltic grey seals (*Halichoerus grypus*) and ringed seal (*Phoca hispida*) population during the 20th century. *Ambio* 28:619-627.
- Hårding, K., Härkönen, T., Helander, B., Karlsson, O. (2007), Status of Baltic grey seals: Population assessment and extinction risk. NAMMCO Scientific Publications Vol. 6, 33-56.
- Stenman, O., Verevkin, M., Dmitrieva, L. & Sagitov, R. 2005. Numbers and occurrence of ringed seals in the Gulf of Finland in the years 1997-2004. – In: Helle, E., Stenman, O. & Wikman, M. (eds.) Symposium on biology and management of seals in the Baltic area. Kala- ja riistaraportteja 346: 45–47.
- Verevkin M. Voyta L., Jüssi M., Kunnasranta M. 2018. Aerial survey of ringed seals (*Pusa hispida botnica*) in the Gulf of Finland in 2018. In International Scientific Forum “Gulf of Finland-natural dynamics and antropogenic impact” St. Petersburg, October 17-18, 27-29.
- Monitoring guidelines for seal abundance and distribution in the HELCOM area. Baltic Marine Environment Protection Commission Working Group on the State of the Environment and Nature Conservation. Klaipeda, Lithuania, 14-18 May 2018.
- Baltic Marine Environment Protection Commission 15th Meeting of HELCOM Expert Group on Marine Mammals Online, 14-16 September 2021 Online, 2 March 2021.

ГЛАВА 12. РЕДУЦЕНТЫ. ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА МИКРОБНОГО КОМПОНЕНТА БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ФИНСКОГО ЗАЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПРЕСС-МЕТОДИК

**Царовцева И.М.¹⁾, Власов Д.Ю.²⁾, Беяева И.Д.¹⁾, Беллендир Л.Э.¹⁾*

¹⁾АО Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева, Санкт-Петербург

*²⁾ Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук, Санкт-Петербург
E-mail: tsarovtsevaim@vniig.ru

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что различные группы организмов могут выступать в роли биоиндикаторов различных процессов, как способствующих формированию экосистемных услуг, так и представляющих риски разрушения конструкционных материалов, возникновения инфекционных заболеваний. Изменения состава и численности микроорганизмов часто указывают на происходящие изменения в окружающей среде. В полной мере это относится и к водным экосистемам, особенно в тех случаях, когда они подвергаются техногенному загрязнению.

Разработка унифицированных подходов к микробиологическому мониторингу и оценке состояния биоценозов прибрежной зоны морей, озёр, рек и других водных объектов позволит применять их для решения разнообразных задач как локальных, так и глобальных (контроль территорий, подвергающихся антропогенной нагрузке, влияние изменений климата на состояние экосистем, ухудшение санитарной обстановки, планирование защитных мероприятий и др.).

Использование экспресс-методов для оценки состояния микробиоты водных объектов имеет много преимуществ несмотря на то, что эти методы основаны на выявлении и учете ограниченной группы микроорганизмов, входящих в исследуемый биоценоз. Ранее проведённые исследования показали, что органотрофные бактерии, грибы и дрожжи, являются теми индикаторами, которые характеризуют текущее состояние и динамику микробных сообществ, формирующихся в той или иной зоне исследуемой акватории. Данные методики просты в исполнении, что важно для полевых исследований. С их помощью можно обследовать значительные площади за относительно короткое время.

Целью данной работы, проведенной в прибрежной зоне Финского залива, была отработка экспресс-методики первичной оценки состояния микробиоты в полевых условиях для дальнейшего ее применения в рутинных обследованиях

различных естественных участков Финского залива и территорий (акваторий) техногенных объектов.

Материал и методика

В данной работе использовали методики с применением тест-систем российского и немецкого производства для определения групп микроорганизмов в водной среде, адаптированные для полевых исследований. Оценка численности микроорганизмов дана по 3-х балльной шкале.

Описание экспресс-методов микробиологического анализа в полевых условиях.

1. **Экспресс-анализ** проводится с использованием сухой хромогенной среды «Петритест» (производство Россия) двух видов:

- экспресс-тест на определение КМАФАнМ/ОМЧ (инкубация 12-24 ч);
- экспресс-тест на мицелиальные грибы и дрожжи (инкубация 12-72 ч).

Экспресс-тесты на пластиковых носителях «Петритест» (сухая среда) предназначены для быстрого (12-24 ч.) определения наличия микроорганизмов, проведения их первичной типизации и ориентировочного подсчета колоний.

Процедура тестирования проводится в соответствии с инструкцией, предоставленной изготовителем экспресс-тестов «Петритест».

Ход анализа:

- 1) отбор образцов (пробы жидкости) в стерильные контейнеры;
- 2) нанесение отобранной жидкости на хромогенную среду в стерильных пластиковых чашках;
- 3) инкубация (в термостате или при комнатной температуре);
- 4) подсчет колоний бактерий, дрожжей, плесневых грибов (визуальный учет).

Оценка проводится по балльной шкале (рис. 12.1):

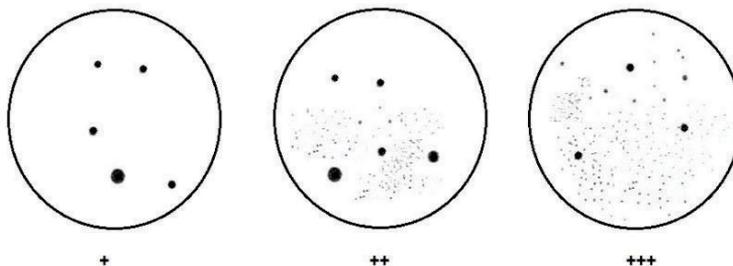


Рисунок 12.1 – Оценка численности микроорганизмов в пробе жидкости: (+) – единичные колонии микроорганизмов и колонии средней численности, покрывают не более 50% поверхности чашки со средой; (++) – колонии микроорганизмов покрывают более 50% поверхности чашки; (+++) – сплошной газон колоний микроорганизмов на поверхности чашки

- В ходе исследований определяются следующие группы микроорганизмов:
- мицелиальные (плесневые) грибы;
 - дрожжевые грибы (дрожжи);
 - органотрофные бактерии.

Мицелиальные грибы и дрожжи являются группой микроскопических грибов (микромикетов), которые хорошо адаптированы к существованию в различных природных средах. Они способны поселяться повсеместно, где имеются источники органического питания, особенно легко доступные углеводы. Наиболее многочисленны эти группы в почвах и грунтах. Они обладают способностью существовать в экстремальных условиях и могут развиваться при различном содержании влаги в грунтах. Мицелиальные грибы и дрожжи являются неотъемлемым компонентом биопленок. Они известны своей метаболической активностью, в частности продукцией ЭПС (экстра-полимерной субстанции), которая играет важную роль в адгезии биопленок к твердым материалам, а также защите микроорганизмов от неблагоприятных внешних воздействий.

Органотрофные бактерии. Присутствие органотрофных бактерий (общее микробное число органотрофов) является интегральной микробиологической характеристикой водных и наземных объектов. Численность органотрофных (гетеротрофных) бактерий характеризует потенциальную активность микробиоты, включая коррозионно-активные группы микроорганизмов. По данному показателю, наряду с другими, обычно определяют микробиологическую зараженность грунтов. Многие органотрофные бактерии продуцируют агрессивные метаболиты, что может сказываться на состоянии материалов и конструкций, погруженных в грунт или в водную среду. Эти бактерии принимают непосредственное участие в циклах таких важнейших элементов как углерод, азот, сера и др., динамика которых может характеризовать изменения, происходящие в грунтах и водной среде под влиянием микробиоты.

Высокая численность органотрофных бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов в отобранных пробах может указывать на благоприятную среду для развития этих организмов, жизнедеятельность которых может существенно сказаться на структурных и механических свойствах грунта, что приводит к изменению его свойств. В водной среде это может означать поступление органических загрязнений, приводящих к существенному ухудшению экологической обстановки в водоеме.

2. Экспресс-анализ проводится с использованием **SAMPLER (Самплер)** тестов, производитель Merck (Германия), которые применяются для оценки уровня микробиологического загрязнения жидкости (рис. 12.2).

Самплер-тест представляет собой пластмассовый держатель, в котором закреплён мембранный фильтр с сеткой и адсорбирующая подложка с питательной средой для выявления микроорганизмов. Самплеры стерильно упакованы, используются для микробиологического контроля различных производственных поверхностей, технической воды, воды открытых водоёмов и т.п.

Экспресс-анализ проб воды в полевых условиях проводился нами с использованием наборов самплеров Сваб Тест (Merck), предназначенных для простого и быстрого микробиологического анализа воды. Для этой цели использовали два типа самплеров:

- для учета дрожжевых и мицелиальных (плесневых) грибов;
- для учета органотрофных бактерий.



Рисунок 12.2 – Самплеры Сваб Тест (Merck) для определения: общего микробиологического числа (красный); определения дрожжей и мицелиальных грибов (жёлтый)

Ход выполнения микробиологического анализа экспресс-методом в полевых условиях включает следующие этапы:

- 1) отбор образцов (проба жидкости или смыв с поверхности в стерильные контейнеры);
- 2) погружение самплеров в жидкую пробу на определенное время;
- 3) инкубация (в термостате или при комнатной температуре);
- 4) подсчет колоний бактерий, дрожжевых и мицелиальных грибов.

При погружении самплера в жидкость адсорбирующая подложка впитывает 1 мл воды через мембранный фильтр. Микроорганизмы большего размера, чем поры фильтра (0,45 мкм), остаются на его поверхности. Жидкость смачивает среду, которая обеспечивает рост микроорганизмов на фильтре. Бактерии, дрожжи и плесневые грибы образуют колонии, которые легко учесть и подсчитать.

Результаты анализа готовы через 24-48 часов при инкубации в термостате при заданной температуре (+22-25°C – для дрожжей и грибов, + 28-30°C – для органотрофных бактерий). Количество микроорганизмов определяется по бальной системе. Число выросших колоний, как показали проведенные исследования, аналогично результатам, получаемым классическим методом разведений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С 2021 года по 2023 год в летний сезон проведён отбор проб воды на микробиологические исследования в прибрежной зоне Финского залива в районах Кургальского полуострова, Лужской и Копорской губы вблизи населенных пунктов: Усть-Луга, Логи, Сосновый Бор. Необходимо отметить, что первый и третий населенные пункты расположены на территориях транспортно-логистического и ядерного кластеров Ленинградской области в перечисленных населённых пунктах находятся такие промышленные объекты как порт и Ленинградская АЭС, которые значительно изменили первоначальный ландшафт территории. Результаты проведённого мониторинга представлены в таблице 12.1.

Таблица 12.1 Сводная таблица результатов анализа проб воды на системах «Петритест» и системах SAMPLER

Место	№п п	Шифр пробы	Дата отбора	Численность микроорганизмов в 1 мл					
				SAMPLER (Самплер)			Петритест		
				Грибы	Дрожжи	Бактерии	Грибы	Дрожжи	Бактери и
Источник	1	21SP	30.07.21	+	+	+++	н/а	н/а	н/а
	2	22SP	26.08.22	+	+	++	н/а	н/а	н/а
	3	23SP	28.06.23	+	++	+++	+	++	+++
Липовская протока	4	21GFLuNa-1	30.07.21	+	-	+++	н/а	н/а	н/а
	5	22GFLuNa-1	26.08.22	+	+	+++	н/а	н/а	н/а
	6	23GFLuNa-1	28.06.23				н/а	н/а	н/а
	7	23GFLuNa-2	28.06.23	-	-	+++	+	+	+++
	8	21GFLuNa-3	30.07.21	+	+	+++	н/а	н/а	н/а
	9	22GFLuNa-3	26.08.22	+++	+	+++	н/а	н/а	н/а
	10	23GFLuNa-3	28.06.23				+	+	+++
р. Луга	11	21GFLuRi-1	30.07.21	+	++	+++	н/а	н/а	н/а
	12	22GFLuRi-1	26.08.22	+++	+	+++	н/а	н/а	н/а
	13	23GFLuRi-1	28.06.23	+	-	+++	+	+	++
	14	23GFLuRi-2	29.06.23				+	+	++

Продолжение таблицы 12.1

Место	№ п п	Шифр пробы	Дата отбора	Численность микроорганизмов в 1 мл					
				SAMPLER (Самплер)			Петритест		
				Грибы	Дрожжи	Бактерии	Грибы	Дрожжи	Бактерии
Выбя	15	21GFVyбRi-1	30.07.21	+	++	+++	н/а	н/а	н/а
	16	22GFVyбRi-1	26.08.22	+	+	+++	н/а	н/а	н/а
	17	23GFVyбRi-1	29.06.23	+++	+	+++	-	+	+++
	18	23GFVyбRi-3	29.06.23	н/а	н/а	н/а	+	+	+++
	19	23GFVyбRi-2*	29.06.23	н/а	н/а	н/а	-	+	+++
р. Лужца	20	23GFLuzhRi-2	29.06.23	н/а	н/а	н/а	+	+	+++
	21	Биоплёнка* (GFLuzhRi-2)	29.06.23	н/а	н/а	н/а	+	-	+++
	22	23GFLuzhRi-1	29.06.23	н/а	н/а	н/а	+	+	+++
р. Хаболовка	23	23GFKhabRi-1	29.06.23	++	+	++	+	+	+++
	24	23GFKhabRi-2	29.06.23	н/а	н/а	н/а	+	+	+++
ЛАЭС	25	ЛЕНАЭС выток-1	03.07.23	+	++	+++	+	+	+++
	26	ЛЕНАЭС выток-1	03.07.23	н/а	н/а	н/а	+	+	+++
	27	ЛЕНАЭС выток-2	03.07.23	н/а	н/а	н/а	+	+	+++
	28	ЛЕНАЭС забор-2	03.07.23	н/а	н/а	н/а	+	+	++
Копорский залив	29	21GFKopSb	30.07.21	-	-	++			
	30	22GFKopSb	26.08.22	+	-	++			
	31	23GFKopSb	03.07.23	н/а	н/а	н/а	++	++	+++
Лог	32	Логи	26.08.22	-	-	++			
	33	Логи	06.07.23				+	+	+++

Примечание:

(+) – единичные колонии микроорганизмов и колонии средней численности, покрывают не более 50% поверхности чашки;

(++) – колонии микроорганизмов покрывают более 50% поверхности чашки;

(+++) – сплошной газон колоний микроорганизмов на поверхности чашки;

н/а – анализ не проводился;

«*» – высев производился в чашки Петри на среду ГМФ и Чапика.

Полученные данные указывают на широкий спектр микроорганизмов, формирующих прибрежную микробиоту Финского залива (рис. 12.3). Бальная система оценки количества микроорганизмов указывает на значительный вклад бактериальной составляющей в формировании микроценоза. Мицелиальные грибы и дрожжи также фиксируются практически во всех пробах, но в основном единичными колониями.



Рисунок 12.3 – Пример выделения бактерий и грибов на системах для экспресс-анализа «Петритест». Образец №33, отобранный на побережье Финского залива в районе п. Логи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённая работа позволила провести сравнение двух экспресс-методик определения групп микроорганизмов в полевых условиях для оценки состояния микробиоты водных объектов. Апробированные методики можно рекомендовать для мониторинга территорий и сооружений большой площади и протяженности. Данный подход позволяет оценивать первичные интегральные характеристики микробиоты в точках отбора проб. Полученные результаты позволяют сформировать дальнейшую программу исследований с включением в нее уже более детальных и дорогостоящих исследований, к примеру метагеномный анализ, для выбранных наиболее показательных локальностей и сообществ, в том числе с целью выявления геномов нежелательных микроорганизмов – источников биоповреждений конструкционных материалов и патогенов, связанных с искусственными объектами и их воздействием на окружающую среду, например, таким как подогрев.

ЧАСТЬ 4. РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ АКВАТОРИЙ И ВОДНОЙ БИОТЫ НА ПРИМЕРЕ ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЭКОСИСТЕМНОЙ УСЛУГИ

ВВЕДЕНИЕ

Часть 4 включает ознакомительную главу 13, содержащую ихтиологическое описание, сочетающее краткую физико-географическую характеристику и оценку состояния рыбных ресурсов (видовой состав, количественные показатели, пространственное распределение) в соответствии с основными рыбохозяйственными географическими выделами российской части Финского залива (рисунок 13.1), в том числе в зависимости от предполагаемого воздействия различных факторов на динамику основных характеристик промысловых видов рыб. Глава 14 содержит результаты апробации подхода к стоимостной оценке обеспечивающих экосистемных услуг в соответствии с алгоритмами, описанными в Главе 3 и на основе официальных материалов, предоставленных Росрыболовством, которые представлены как дополнения к Главе 14.

УДК 504/06

ГЛАВА 13. КРАТКАЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И КРУПНЕЙШИХ ВОДОТОКОВ, ВПАДАЮЩИХ В НЕГО

**А.А.Успенский*

ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

**E-mail: roots_for_us@mail.ru*

ВВЕДЕНИЕ

(О рыбохозяйственном статусе и районировании ВЧФЗ)

Восточная часть Финского залива включает в себя отдельные крупные участки акватории – Невскую губу, Мелководный район, простирающийся от дамбы Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) до линии мыс Флотский – мыс Шепелевский, Копорскую губу, Нарвский и Выборгский заливы. Крупнейшими рыбохозяйственными водотоками являются реки Нева, Луга и Нарва (рис. 13.1).

Вся восточная часть Финского залива (Балтийское море, 32 подрайон ИКЕС¹⁾), включая Невскую губу, относится к рыбохозяйственным водным объектам высшей категории (Протокол № 4 от 10.07.2013 г. Комиссии Северо-западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству (СЗТУ ФАР) по установлению категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них). Это определяется составом рыбного населения, ролью данного района в воспроизводстве рыбных запасов Финского залива в целом (наличие нерестилищ и кормовых угодий основных промысловых рыб и их молоди) и размером ежегодных уловов рыбы. К режиму охраны таких водоемов предъявляются повышенные требования, качество воды в них должно отвечать параметрам, соответствующим свойствам водных объектов высшей рыбохозяйственной категории. Состав ихтиофауны и ее количественные показатели определяются гидрологическими условиями отдельных участков данной акватории.



Рисунок 13.1 – Схема районирования восточной части Финского залива

¹⁾ Международный Совет по исследованию моря учрежден в Копенгагене в 1902 году после конференций, состоявшихся в Стокгольме в 1899 году и в Христиании в 1901 году. В ИКЕС входят следующие страны-участницы: Бельгия, Канада, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Исландия, Ирландия, Латвия, Литва, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Российская Федерация, Испания, Швеция, Соединенное Королевство и Соединенные Штаты Америки.

13.1. Невская губа

Невская губа является самым восточным и наиболее пресноводным районом Финского залива Балтийского моря. Длина Невской губы составляет 24 км, ширина (максимальная) порядка 15 км. Площадь Невской губы составляет около 329 км².

Глубины на разных участках Невской губы составляют от 1 до 7 м, средняя глубина порядка 4 м. Только в морском канале глубины достигают 12-16 м.

В настоящее время Невская губа представляет собой практически замкнутый водоем, сообщающийся с акваторией Финского залива через водопропускные ворота в дамбе Комплекса защитных сооружений (см. раздел 2.1). Уровень воды сильно меняется в зависимости от ветровых сгонно-нагонных явлений и величины стока реки Невы. В приповерхностном слое преобладает соленость от 0,05 до 0,5%, в придонном слое по руслу морского канала соленость варьирует от 0,08 до 5,8%.

Формирование ихтиофауны Невской губы происходит под влиянием открытой части Финского залива, реки Невы и Ладожского озера, транзитным участком между которыми она является. В составе ихтиофауны насчитывается до 45 видов (Таблица 13.1), включая рыб и бесчелюстных солоноватоводного и пресноводного комплексов (Кудерский и др., 2007). Наиболее важные объекты промысла относятся к проходным видам — атлантический лосось, ряпушка, корюшка и речная минога и пресноводным видам – судак, лещ. На долю пресноводных видов приходится 67,5% от всего видового списка, а совокупно с проходными они составляют 90,0% видового разнообразия рыбного населения, что позволяет относить Невскую губу к пресноводным промысловым водоемам (Кудерский и др., 2007).

Видовой состав научно-исследовательских уловов в Невской губе отличается по сезонам. Весной в уловах преобладают корюшка и ерш. В несколько меньшем количестве встречаются плотва, окунь, колюшка трехиглая, судак, лещ, уклейка, чехонь и густера. Еще реже – лосось, кумжа, щука, сырть, красноперка, карась серебряный, пескарь, елец, щиповка, усатый голец и другие. Летом в уловах преобладают ерш, лещ, густера, плотва, окунь, уклейка (рис. 13.2), в начале лета многочисленна молодь колюшки трехиглой. Осенью во время нерестовых миграций в Невскую губу в большом количестве заходят ряпушка и речная минога. Кроме них постоянно встречаются плотва, окунь, ерш, колюшка трехиглая, лещ, судак. В зимнее время в Невской губе постоянно встречаются в уловах плотва, окунь, ерш, лещ, густера, налим, судак, корюшка и бельдюга.

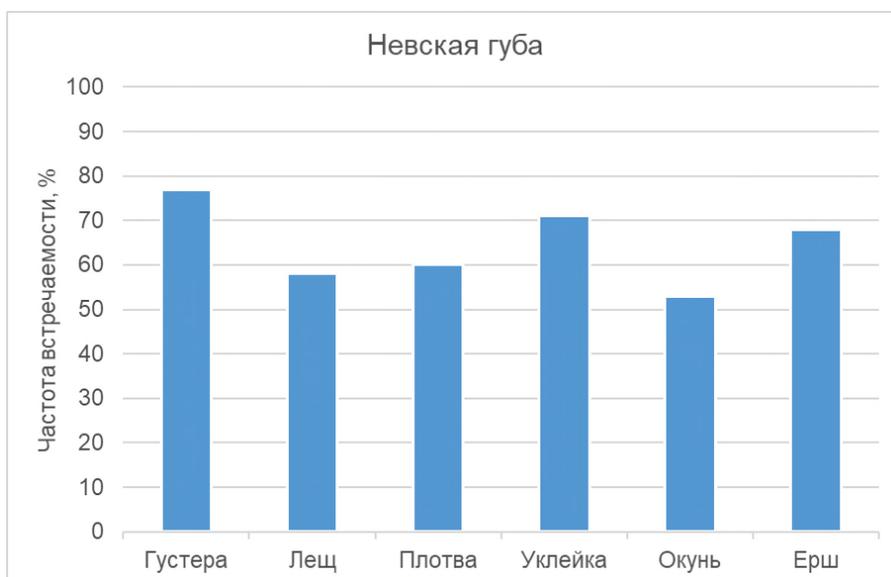


Рисунок 13.2 – Ядро икhtiоценоза Невской губы в летний период

Через Невскую губу проходят миграционные пути атлантического лосося, ряпушки, корюшки и миноги из Финского залива Балтийского моря в р. Неву, к местам нереста. Нерестилища атлантического лосося в реке Неве исторически располагались в районе Ивановских порогов. Тем не менее, данные, подтверждающие наличие естественного нереста популяции Невского лосося, на данный момент отсутствуют, популяция лосося в значительной мере поддерживается за счет ежегодных выпусков молоди Невским рыбноводным заводом. Осенние нерестовые миграции производителей и весенние покатные миграции молоди Невского лосося в основном происходят вдоль северного берега Невской губы. Угорь в Невской губе ранее имел промысловое значение (Михин, 1939), но в настоящее время встречается редко.

Невская губа представляет собой важнейший естественный рыбобитомник, находящиеся здесь нерестилища обеспечивают естественное воспроизводство всех промысловых видов рыб пресноводного комплекса, а также полупроходной корюшки (Ружин, 1987). Прибрежные нерестилища расположены по всему периметру Невской губы (Кудерский и др., 2007). В Невской губе можно выделить две основные категории нерестилищ — заросли макрофитов и песчано-галечные отмели. Нерестилища первой категории в последние десятилетия претерпевают деградацию, что обусловлено отрицательным влиянием на водную растительность повышения мутности воды, заиливания донных отложений и загрязнения водных масс. Несмотря на разрастание пояса полупогруженной растительности после строительства КЗС, площадь продуктивных зарослевых нерестилищ значительно сократилась по

причине застройки береговой линии и изъятия ключевых прибрежных биотопов в результате намыва новых городских территорий. Песчано-галечные нерестилища подвержены замыванию вследствие добычи песка, намыва новых территорий, работ по перемещению грунта и дноуглублению в акватории Невской губы.

Нерестилища корюшки – наиболее массового и ценного промыслового вида рыб расположены в русловой части реки Нева, а также в районе Южной и Северной Лахтинских отмелей, Канонерской отмели Невской губы. Массовый нерестовый ход корюшки происходит в апреле-мае при температуре воды от 3 до 12°C (Попов, 2006). Нерест данного вида происходит на участках с песком и галькой при температуре воды 6-12°C в р. Неве и 8-14°C в Невской губе. В мае-июне пелагические личинки корюшки сносятся течением в открытую часть Невской губы, где происходит их нагул. Сеголетки корюшки периодически подходят близко к берегу, особенно в позднелетний и осенний период, но наиболее многочисленна она в открытой части губы.

Нерест окуня, плотвы, колюшек, ерша, леща, густеры и судака преимущественно происходит вдоль южного побережья губы и вдоль северного побережья о-ва Котлин среди зарослей водной растительности на глубинах от 0,2–0,5 до 3 м (Кудерский и др., 2007). Все эти виды характеризуются весенним нерестом. Нерест окуня начинается с прогревом воды до 7°C и происходит преимущественно на песчаных и смешанных грунтах среди молодых зарослей макрофитов и остатков прошлогодней растительности. Нерест судака стартует при температуре воды 12-13°C. Нерест ерша порционный и сильно растянут, начинается при температуре воды 6-8°C с пиком при 12-13°C, может продолжаться до конца июня. Нерест ерша и судака наблюдается вдоль всего южного побережья губы на глубинах от 1,5 до 2,5 м на песчаных и песчано-каменистых грунтах среди остатков прошлогодней растительности.

Нерестящиеся в Невской губе рыбы семейства карповых преимущественно относятся к фитофильным видам. Среди исключений наиболее массовый нерест в губе характерен для чехони, которая выметывает пелагическую икру. Наиболее продуктивные нерестилища фитофильных рыб в Невской губе приурочены к южному побережью, в широком поясе полупогруженных макрофитов от Южной Лахтинской отмели до Стрельны и Нового Петергофа. Значительная часть нерестилищ в районах п. Мартышкино, Ораниенбаум и Бронки пострадала от замывания при строительстве расположенного в этом районе портового комплекса. Массовое икрометание карповых происходит с конца апреля до начала июля, с пиком в конце мая–начале июня. Наибольшая численность

личинки приходится на июнь-начало июля. Богатая кормовая база и наличие укрытий от хищников создают благоприятные условия для развития и нагула молоди рыб. Концентрация личинок рыб вдоль южного побережья на порядок выше, чем вдоль северного берега.

Невская губа Финского залива является одним из основных промысловых водоемов Северо-Западного региона. По причине небольшой глубины, как и в прибрежной зоне, промысел в губе осуществляется пассивными ставными орудиями лова (сети, ставные невода, заколы, мережи). Промысел нацелен на 18 видов рыб и речную миногу. Наиболее ценными из них являются: корюшка, судак и лещ. Промышленный лов имеет выраженную сезонность, что связано с биологией промысловых объектов. Основная масса рыбы добывается в апреле и мае в преднерестовых скоплениях. Среднегодовые уловы рыбы в Невской губе с конца 70-х годов прошлого века сократились с 1 890 т (Ружин, 1987) до 300-310 т в начале 2000-х (Кудерский и др., 2007) и остаются приблизительно на этом уровне. В уловах преобладают корюшка (50-60%) и ерш (от 20 до 35% по весу от общего вылова). Относительная доля вылова крупночастиковых видов рыб при этом невелика (судака – менее 1%, леща – до 4%). Массовая доля в уловах плотвы достигает порядка 4-8%, окуня – 2-4%. Хотя сиговых рыб (сиг, ряпушка) в Невской губе добывается не более 1% от общего вылова рыбы, данная акватория является важным промысловым участком для этих видов – порядка 12 % всего вылова сига приходится на Невскую губу и практически весь – ряпушки (Кудерский, 1999; Bogdanov et al., 2021).

Любительский лов в Невской губе Финского залива очень распространен. Ледяной припай вдоль побережья Невской губы обычно сохраняется дольше, чем на других участках залива. Наиболее популярны в районе Санкт-Петербурга подледный лов корюшки, плотвы, судака и окуня, летний лов леща с резиновых лодок, а также весенний лов корюшки пауками во время ее нерестового хода.

13.2. Река Нева

Река Нева – короткий естественный канал, связывающий Ладожское озеро с Балтийским морем, вытекает из Шлиссельбургской губы Ладожского озера и впадает в Невскую губу Финского залива. Протекает по глубокой (50–100 м) и широкой (30–50 км) Приневской низменности. Берега реки высокие, постепенно снижающиеся от истока к устью, и в отличие от большинства рек, Нева практически не имеет поймы. При этом р. Нева очень полноводна, при длине всего 74 км годовой сток Невы составляет в среднем 78.9 км³. Общее падение р. Невы незначительное, около 5 м, средний уклон ее составляет 0.07%. Площадь водосбора составляет 281 000 км². Собственный бассейн р. Невы не превышает

5 000 км², что составляет лишь 1.8 % общей площади водосбора. Некоторые реки-притоки превышают длину самой р. Невы — Ижора (76 км), Охта (90 км), Мга (93 км), Тосна (121 км). Перед впадением в Невскую губу река разветвляется на рукава, протоки и каналы с общей площадью около 45 км². Средняя ширина реки составляет 400-600 м, средняя скорость течения 0.7-1.0 м/с, преобладающие глубины по стрежню 8-11 м, максимальные – до 24 м. В среднем течении р. Нева образует Ивановские пороги в месте обнажения известнякового кряжа, на этом участке глубины составляют порядка 4.5 м.

В реке Нева встречается до 40 видов рыб 16 семейств и один вид миног (Таблица 13.1), относящиеся к различным экологическим комплексам (Правдин, 1939; Гусев 1968; Комплексные экологические..., 1988; 1989; Кудерский и др., 1996).

В р. Неве происходит нерест проходных видов, которые нагуливаются в Невской губе и за ее пределами. Нерестовые миграции атлантического лосося начинаются в середине лета, массовый ход происходит летом (июнь-июль) и осенью – с октября и практически до ледостава. Нерестилища лосося исторически располагаются в районе Ивановских порогов (Световидова, 1941), здесь в 30-е годы XX столетия массово отлавливались нерестовые особи. Поскольку нерестилища располагались на большой глубине (3-4 метра, что является не совсем обычным для этого вида) и в условиях большой скорости течения, непосредственного обследования нерестилищ никогда не проводилось. Весной проходит скат молоди лосося в Финский залив. В весеннее время происходит нерестовый ход корюшки и яровой миноги, а осенью – массовый ход озимой формы миноги.

Из пресноводных видов в Неве наиболее многочисленны колюшка, лещ, плотва, уклея, щука, окунь, ерш. Все они относятся к весенне-нерестующим видам, большинство из них в качестве субстрата для нереста используют прошлогоднюю прибрежную растительность. Такие рыбы как язь, елец, голавль, голян мечут икру на твердом каменисто-песчаном субстрате. Ядро ихтиоценоза научно-исследовательских уловов в прибрежной зоне реки сложено пресноводными видами (рис. 13.4), обычным в пресноводной Невской губе и Ладожском озере, транзитным путем между которыми является р. Нева.

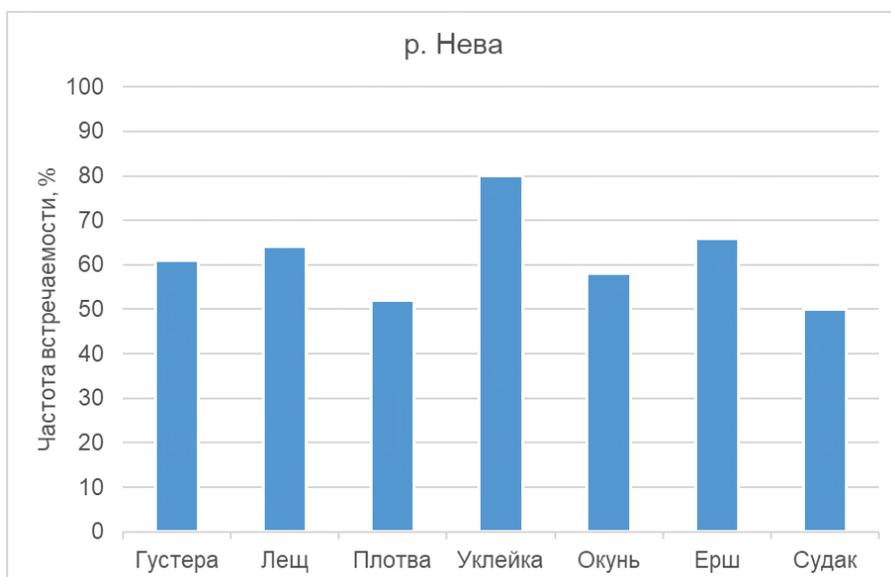


Рисунок 13.4 – Ядро ихтиоценоза реки Невы в летний период

Нева – одна из немногих промысловых рек Ленинградской области; здесь осуществляется добыча (вылов), главным образом, проходных видов – корюшки, миноги, лосося. Основной промысловой рыбой в Неве является корюшка. Уловы корюшки в начале XXI-го века варьировали и существенно снизились по сравнению с предыдущим периодом, составив только 7 т в 2005 г. Некоторый рост уловов наблюдался в 2013-2017 гг., тем не менее они не превышали 100 т в год (Sendek, Bogdanov, 2019). К числу ценных промысловых видов относится атлантический лосось, его вылов незначителен. Осенний лов производителей лосося ежегодно производится для нужд Невского лососевого завода, который с целью воспроизводства и пополнения запасов лосося был построен в 20-е годы XX века. Если в 40-е основу промыслового стада еще составляли рыбы естественного происхождения (зарегистрированные уловы доходили до 25 тонн), то в 70-е годы XX века доля лососей заводского происхождения достигла величины 80-90 % от всей численности популяции неевского лосося. В настоящее время естественный нерест лосося в реке Неве не задокументирован.

13.3. Мелководный район Финского залива

Мелководный район представляет собой транзитную акваторию эстуария, в которой пресные воды Невской губы интенсивно перемешиваются с олигогалинными водными массами открытой части Финского залива. Данный район простирается от дамбы КЗС до линии, соединяющей мыс Шепелевский и мыс Флотский, длина достигает 46 км, наибольшая ширина – 28 км. Максимальная глубина 30-33 м отмечена у западной границы, средние глубины

около 10 м. Вблизи берега встречаются многочисленные отмели и банки, глубина у берега обычно составляет 0,2-0,5 м, изобата 1,5 м местами расположена более чем в 1 км от береговой линии.

Мелководный район характеризуется переходным режимом солености (от пресных вод к солоноватым), при этом увеличение солености у северного побережья происходит более плавно из-за того, что именно здесь происходит основной сток пресных вод реки Невы — преобладает соленость от 0,05 до 1,5‰, в районе мыса Флотский периодически она достигает 3%. Вдоль южного берега преобладают западные течения, приносящие солоноватую воду, у южной оконечности дамбы соленость варьирует от 0,2 до 1,5 ‰, а уже в районе Большой Ижоры часто наблюдается соленость около 3%. На глубинах соленость составляет 1,5-7,0‰.

Рыбное население мелководного района представлено миногой и 45 видами рыб солоноватоводно-морского и пресноводного комплексов, относящимися к 19 семействам, (Таблица 13.1). К проходным видам относятся атлантический лосось, кумжа, сиг, ряпушка, сырть, корюшка и минога. В ядро ихтиоценоза входят рыбы с весенне-летним нерестом, постоянно обитающие в эстуарии: ерш, плотва, окунь, лещ, уклейка, густера, пескарь, елец и др. (рис. 13.5). Несколько реже и в меньшем количестве встречаются судак, чехонь, красноперка, карась серебряный, щука. Во время нерестовых миграций весной в район вдоль северного побережья в большом количестве подходит корюшка, осенью – ряпушка и минога. Периодически встречается инвазионный бычок-кругляк. Изредка сообщается о вылове речной камбалы, заходящей сюда с притоком солоноватых вод из западных районов Финского залива. В зимние месяцы при восточных ветрах и повышении солености в придонном слое воды, в район вдоль северного побережья до г. Зеленогорска и г. Сестрорецка подходит салака, образуя значительные скопления.

Акватория вдоль северного побережья Финского залива служит миграционными путями атлантического лосося, сига, ряпушки, корюшки и миноги из Финского залива в реки северного побережья к местам нереста, в том числе в р. Нева. Более 60% мигрирующих производителей корюшки ориентируются на пресное течение р. Невы, и проходят вдоль северного побережья залива через северные ворота дамбы защитных сооружений в Невскую губу.

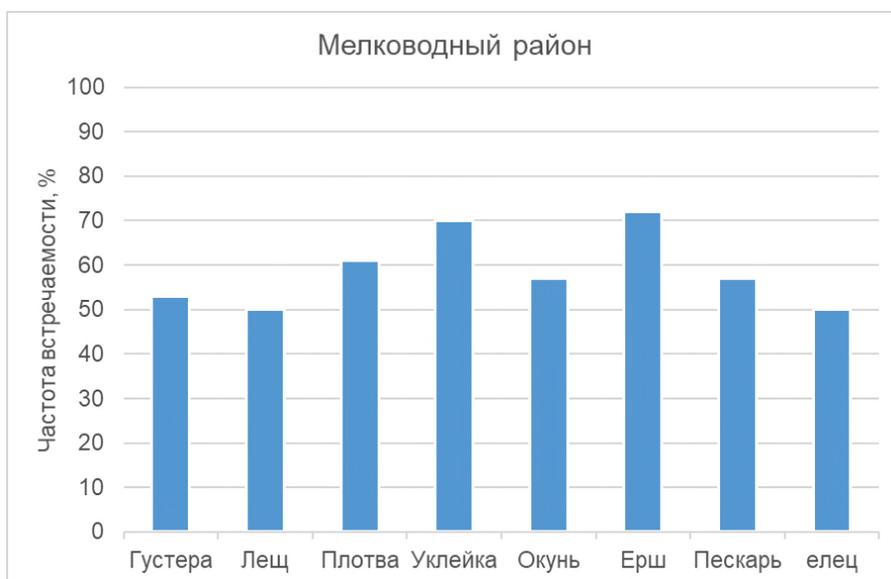


Рисунок 13.5 – Ядро икhtiоценоза мелководного района Финского залива в летний период

Мелководный район у северного побережья Финского залива является местом воспроизводства судака, леща, корюшки, плотвы, окуня, ерша, трехиглой колюшки и многих других видов. Основные нерестилища судака и леща, а также других фитофильных и псаммофильных видов рыб располагаются вдоль северного побережья от п. Тарховки до г. Зеленогорска, на участках с зарослями макрофитов на глубинах до 3 м. Места нереста вдоль северного побережья Финского залива приурочены как к хорошо прогреваемым прибрежным мелководьям с обильной водной растительностью, так и к отмелям с песчаным грунтом и галечными, валунно-каменистыми россыпями. Находящиеся здесь нерестилища обеспечивают естественное воспроизводство основной части стада практически всех промысловых видов рыб пресноводного комплекса, а также части стада корюшки.

Размеры нерестилищ в последние десятилетия значительно сократились в связи с отрицательным влиянием на водную растительность загрязнения донных отложений и водных масс из-за намыва территорий и прибрежного строительства. В районе г. Сестрорецка у северного берега Финского залива сохранилась часть мелководных нерестилищ с глубиной 0,2 – 0,5 м (окуня, плотвы, колюшки, ерша, густеры и других видов), а также нерестилища корюшки на глубинах от 0,8 до 1,6 м, плотвы, леща и судака на глубине до 3 м. На данном участке с конца апреля в среднем до 20 мая концентрируется корюшка, далее в мае-июне нерестятся окунь, плотва, ерш. В меньшем количестве присутствуют густера, уклейка, колюшка трехиглая и другие виды. С конца мая по вторую половину июня на нерестилища подходят лещ и судак.

Акватория мелководного района вдоль северного побережья является одним из основных промысловых участков восточной части Финского залива. В прибрежной зоне залива промысел осуществляется пассивными орудиями лова и охватывает до 18 видов рыб и миногу. Наиболее ценными из них являются: корюшка, сиг, судак, лещ, ряпушка и минога. Основная масса рыбы добывается в апреле и мае в преднерестовый период. В уловах преобладают корюшка и ерш (от 50 до 65% совокупно от общего вылова). Годовой совокупный улов всех видов достигает порядка 140,0 – 200,0 т. Относительная доля вылова судака и леща менее 2%. Мелкочастиковые виды составляют основу совокупного улова (плотва 10-15%, окунь 3- 5%, колюшка трехиглая 28-35%).

В зимнее время вдоль северного побережья в районе Кронштадта, Сестрорецка, Зеленогорска, Ушково, а по южному побережью – в районе Ижоры, происходит подледный любительский лов корюшки, леща, судака, окуня и плотвы. В летний период лов рыбы происходит почти исключительно с лодок на значительном удалении от берега.

13.4. Копорская губа

Копорская губа – крупный залив, расположенный по южному берегу Финского залива. Его протяженность 26 км, залив вдается в материк на расстояние до 12 км. Копорская губа достаточно глубоководная, наибольшая глубина около 20 метров, средние глубины более 10 м. Впадает много мелких рек и ручьев, крупнейшие: Коваши, Воронка, Систа, Пейпия.

Гидрологический режим губы в основном определяется воздействием вод с открытой части Финского залива и (до недавнего времени) работой Ленинградской АЭС, провоцирующей интенсивный подогрев воды на прилегающих участках акватории. Тем не менее, поток теплой воды из каналов-охладителей АЭС распределялся в основном в восточном направлении вдоль берега и характеризовался достаточно быстрым затуханием (Васильев, 2016), не имеет постоянной локализации (рисунок 5.11). В зимний период Копорская губа, как правило, покрывается льдом.

Рыбное население Копорской губы представлено видами, обычными для ихтиофауны восточной части Финского залива (Таблица 13.1). К наиболее массовым относятся пресноводные виды – ерш, окунь, судак, плотва, лещ, густера, уклейка. Ядро ихтиоценоза слагают пресноводные виды (рис. 13.7). В акватории губы находятся нерестилища данных видов, но они приурочены к приустьевым участкам рек и ручьев. В реки поднимаются на нерест такие проходные виды как минога, корюшка и кумжа, а также пресноводные

реофильные виды, нагуливающиеся в губе – язь, гольян, елец и голавль. Основными нерестовыми реками кумжи являются Систа и Воронка, река Пейпия практически утратила свое нерестовое значение.

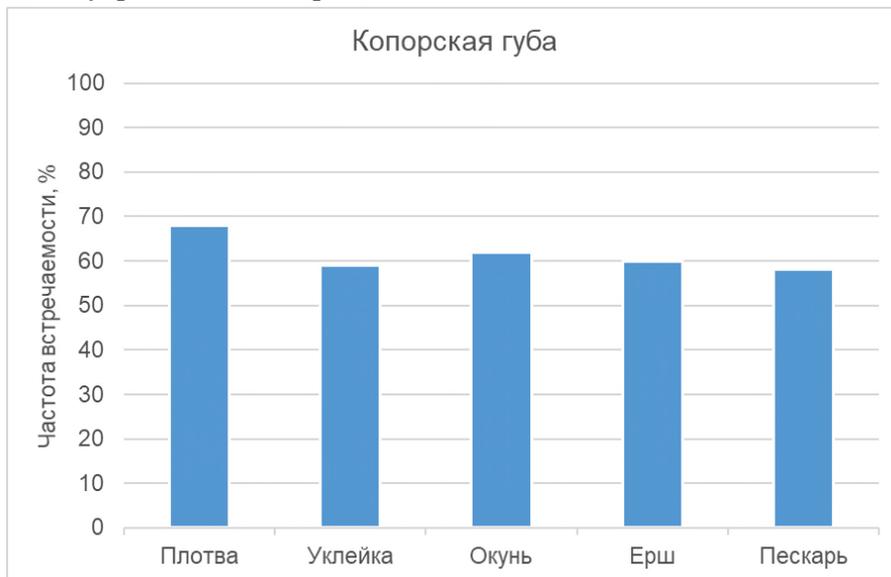


Рисунок 13.7 – Ядро ихтиоценоза Копорской губы в летний период

Промысловый лов мелкого частика в Копорской губе ведется с помощью сетей. В реке Систа производится лов миноги.

13.5. Лужская губа

Лужская губа расположена между м. Кургальским на западе и м. Колгапня на востоке. Расстояние между этими мысами составляет 25 км, протяженность губы с юга на север примерно 20 км. Восточным берегом Лужской губы является Сойкинский полуостров, западным – Кургальский полуостров. Длина береговой линии губы равна 59 км, площадь водной поверхности – 209 км². Ширина губы в средней ее части равна 13 км.

Лужская губа – сравнительно мелководный район Финского залива, преобладают глубины до 10 м с отдельными впадинами до 20-30 м, средняя глубина – 11,4 м. В районе порта «Усть-Луга» (Главы 5,6) глубины колеблются от 17,0 м до 19,0 м. В центре губы расположены мелководные банки. В целом глубины увеличиваются от устья р. Луги на север к открытой акватории залива.

Сток р. Луги происходит вдоль восточного берега и обеспечивает основной приток пресной воды в губу. В результате совокупного воздействия указанных факторов в Лужской губе создается довольно сложная картина течений. Стоковые течения преобладают в южной части губы, прилегающей к

устью р. Луги, и в западной половине губы. Воздействие течений Финского залива сказывается преимущественно в северной части губы.

В зависимости от гидродинамических условий и режима поступления пресной речной воды соленость в Лужской губе может варьировать от 0,1 до 5,8‰, как правило, составляя 2-3‰ — водные массы преимущественно олигогалинные.

Рыбное население Лужской губы на основе фондовых материалов ФГБНУ «ГосНИОРХ» (Отчет о НИР..., 1994, 1997, 2002, 2007, 2008, 2009, 2010, 2013), а также по неопубликованным данным натурных исследований включает 47 видов рыб из 21 семейства и речную миногу (Таблица 13.1). На акватории губы выделяется три основных района: прибрежная зона, южное мелководье с глубинами до 10 м и глубоководный район с глубинами более 10 м. Рыбное население данных участков различается по видовому составу и, в первую очередь, по видам ядра ихтиоценоза (рис. 13.9). Видовая структура рыбного населения Лужской губы в нагульный период на отдельных участках акватории губы зависит, в основном, от солености, что отмечено и для других районов восточной части Финского залива.

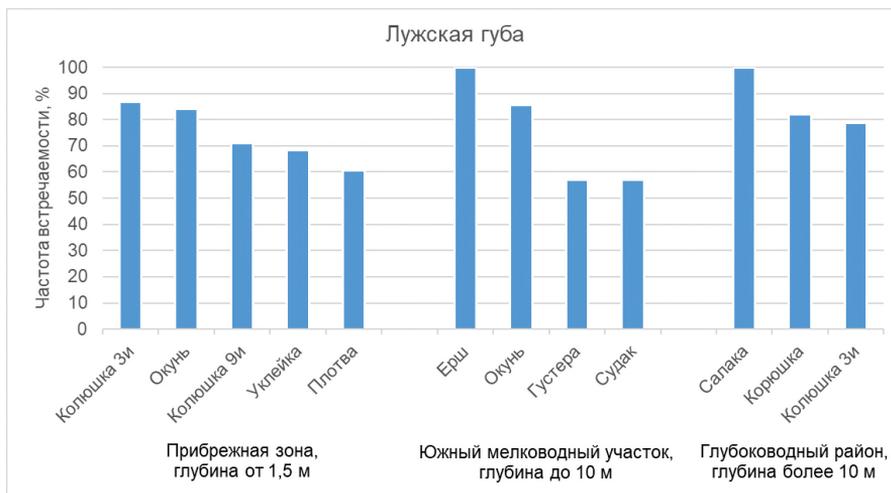


Рисунок 13.9 – Ядро ихтиоценоза разных участков Лужской губы в летний период

В глубоководной части губы преобладают представители солоноватоводного комплекса, кроме того, здесь также велика доля морских видов, которые практически отсутствуют в прибрежье. Ядро ихтиоценоза (виды, встречаемость которых в уловах превышает 50 %) составляют салака, корюшка и колюшка трехиглая. В прибрежной зоне преобладают виды пресноводного комплекса, хотя встречаются и солоноватоводные формы. Ядро ихтиоценоза в прибрежной зоне составляют трехиглая колюшка, окунь, девятииглая колюшка,

уклейка и плотва. Южная мелководная зона находится под влиянием пресного стока р. Луги. Здесь доминируют виды пресноводного комплекса – ёрш, окунь, густера, судак.

Вдоль восточного побережья Лужской губы расположен крупный портовый транспортно-логистический комплекс МТП «Усть-Луга», являющийся главным источником антропогенного воздействия на экосистему губы. В районе порта рыбное население по данным сетных уловов представлено 10-ю видами рыб, принадлежащими к 7 семействам: сельдевых (салака), сиговых (сиг), корюшковых (корюшка), карповых (густера, сырть), окунёвых (окунь, судак, ёрш), бельдюговых (бельдюга) и бычковых (бычок-кругляк). Ядро ихтиоценоза (виды со встречаемостью в уловах более 50%) составляли как рыбы пресноводного комплекса (ёрш и окунь), так и солоноватоводная салака, что является переходной характеристикой между южным мелководным участком и глубоководным районом.

В Лужской губе расположены нерестилища наиболее массовых видов рыб Финского залива – салаки и трехиглой колюшки. Салака нерестится на участках акватории с глубиной от 3 до 15 м в зависимости от наличия в данной зоне подходящего для нереста субстрата, благоприятных температурных и газовых (достаточное количество кислорода) условий. Основные нерестилища салаки расположены в центральной и северной части Лужской губы на банках и в прибрежной зоне. Нерестилища трехиглой колюшки расположены на прибрежном мелководье, преимущественно в опресненной, южной части губы, а также в устьях впадающих в нее ручьев и речек. Наиболее высокие нерестовые скопления трехиглой колюшки отмечены вдоль восточного берега губы, в том числе в районе порта.

На отдельных участках южной части Лужской губы сохранились нерестилища окуневых рыб, преимущественно ерша.

В Лужской губе проходят пути нерестовых миграций ценных видов рыб – лосося, кумжи, сига и корюшки, что определяет важное значение Лужской губы в воспроизводстве запасов указанных видов рыб в масштабе всего Финского залива. Река Луга в настоящее время является единственной в России, где сохранилось естественное воспроизводство балтийского лосося (*Salmo salar L.*). Кроме того, в реке обитает крупнейшая в регионе популяция балтийской кумжи (*Salmo trutta L.*). Покатная молодь лососевых рыб скатывается в акваторию Лужской губы. Миграции лососевых рыб проходят в том числе вдоль восточного берега губы в районе порта «Усть-Луга».

Промысловый лов рыбы в Лужской губе носит сезонный специализированный характер: в весеннюю путину производится лов корюшки и салаки. В осеннее время ранее производился лов трехиглой колюшки. Однако, в последние 20 лет (с 2003 г.) специализированный лов колюшки трехиглой в восточной части Финского залива не проводится. Кроме салаки промысловое значение в Лужской губе имеют также плотва и окунь, составляющие до 10% улова. На отдельных участках уловы до 20% представлены корюшкой. Общие уловы в Лужской губе непрерывно сокращались с порядка 750 т в 1970-1990 гг. до 200 т в 1990-2000 гг. и около 60 т 2001-2009 гг.

13.6. Река Луга

Река Луга – важнейшая лососевая река в российской части бассейна Балтийского моря. Берет начало в Тесовских болотах Новгородской области и впадает в Лужскую губу Финского залива. Длина реки 359 км, площадь водосбора 13600 км². Ширина реки в устьевой части около 300 м.

Рыбное население реки Луга и ее притоков насчитывает 41 вид рыб из 18 семейств и речную миногу (Таблица 13.1). Наибольшим числом видов в реке Луга и ее притоках представлено сем. карповых, из которых наиболее широко распространены и многочисленны плотва, уклейка, лещ, густера, язь и др. К числу массовых видов относятся также представители семейства окуневых, в первую очередь окунь и ерш, в нижнем течении реки – судак, часто встречаются колюшки трехиглая и девятииглая, щука, налим. Ихтиофауна водотоков района включает ряд ценных промысловых и охраняемых видов: минога, лосось балтийский, кумжа (проходная форма), ручьевая форель (жилая форма кумжи), судак, лещ, сырть, щука, корюшка и др.

В нижнем течении реки Луга, т.е. на участке, примыкающем к Кургальскому полуострову, состав уловов во многом зависит от сезона проведения съемок, поскольку река в данном месте является местом нереста и путем нерестовых миграций разных пресноводных и проходных видов, поднимающихся на нерест из Лужской губы. В независимости от сезона, ядро ихтиоценоза в нижнем течении р. Луги составляют ерш, лещ, густера, уклейка, окунь, плотва (рис. 13.11), и в самом начале лета – судак (Фонды «ГосНИОРХ», неопубликованные данные). В весенний нерестовый период в уловах в русловой части часто многочисленны корюшка, которая образует ядро ихтиоценоза в данный период, а также судак и щука, в прибрежных зарослях растительности – карась серебряный, красноперка и линь.

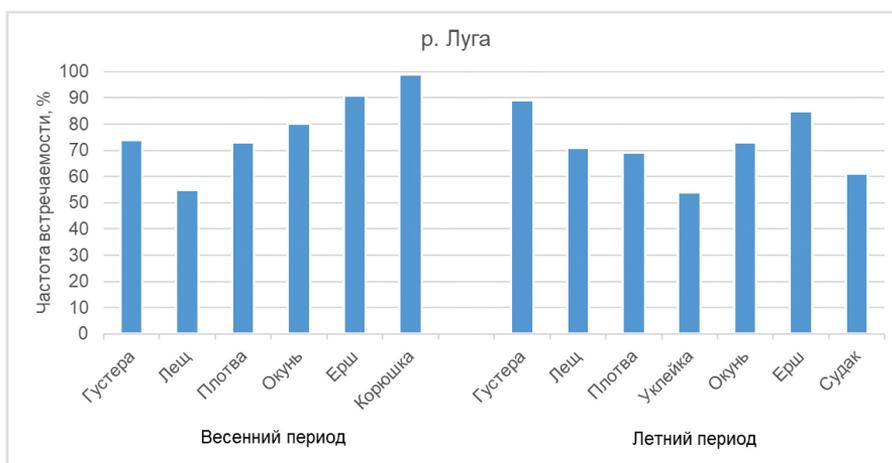


Рисунок 13.11 – Ядро ихтиоценоза реки Луга в весенний и летний периоды

Лососевые рыбы встречаются в уловах в нижнем течении реки Луга преимущественно весной и осенью — в периоды их покатных и нерестовых миграций. В Российской части Балтийского моря в настоящее время река Луга является единственной рекой, в которой сохранилось естественное воспроизводство лосося. Нерестово-выростные участки лужского лосося находятся на порогах в среднем течении реки Луги выше п. Сабский и в черте г. Кингисепп, кумжи – в ее притоках. Часть покатной молоди является особями, выращенными на Лужском рыбноводном заводе.

Ихтиоценоз малых рек-притоков формируется как жильными пресноводными видами, так и заходящими на период нереста из основного русла реки Луга и Финского залива. Видовая и количественная динамика имеет выраженный сезонный характер. Наибольшее число видов приходится на весну и начало лета – период нерестовых миграций весенне-нерестующих рыб. Максимумы численности рыб приходятся на весенний период, что обусловлено заходом производителей, и в летний период в связи с появлением многочисленной молоди рыб.

Ихтиофауна реки Россонь довольно слабо изучена, при этом, в целом по составу она представлена видами рыб, обитающими в реках Нарва и Луга, протокой между которыми и является р. Россонь. Ядро ихтиоценоза в весенний нерестовый период составляют густера, плотва, лещ, окунь и ерш, осенью в него кроме перечисленных видов входят голавль, язь и уклейка. В данном же ключе следует рассматривать реки Мертвица и Выбья, представляющие собой протоки реки Луга, в первом случае – в реку Россонь, во втором – в Лужскую губу. Состав их ихтиофауны и комплекс наиболее часто встречающихся видов в большей степени аналогичен таковому для рек Луга и Россонь.

Промысловый лов рыбы в реке Луга производится в основном в ее нижнем течении, и нацелен преимущественно на проходные виды рыб, в весеннее время основным объектом мережного лова является корюшка, осенью – минога. Кроме того, осенью производится отлов производителей атлантического лосося для нужд Лужского лососявого завода (с целью получения оплодотворенной икры). В весенне-летний период также имеет место сетной и мережный лов леща, плотвы и судака, однако он не носит постоянного характера, а объемы вылова невелики.

13.7. Нарвский залив

Нарвский залив вдается в южный берег Финского залива между мысом Кургальский на востоке и мысом Летипеа – на западе. Гидрологический режим определяется непосредственным влиянием вод открытой акватории Финского залива и стоком пресных вод реки Наровы.

Глубины нарастают плавно, достигая 10-15 м на расстоянии 2-3 км от берега, в открытой части достигают 70 м (на границе территориальных вод России).

В силу открытости залива, характерны выраженные ветровые течения с преобладанием волн высотой до 2 м. Хотя в прибрежье залива колебания уровней воды при сгонно-нагонных явлениях не превышают 0,2 м, в устье реки Наровы уровень воды может подниматься относительно среднего уровня реки на 1,2-1,5 м при устойчивых западных ветрах, при восточных – понижаться на 0,7-0,9 м.

Преобладают олигогалинные водные массы, солености варьирует от 2 до 5 ‰. На расстоянии нескольких километров к северо-востоку от устья реки Наровы вдоль побережья выражена полоса опресненной воды с соленостью 1-2 ‰, весной после таяния льда и увеличения стока р. Наровы соленость снижается.

Максимум температуры воды (15-18 °С) обычно наблюдается в июле-августе. Зимой залив покрывается льдом, однако площадь ледового покрова в значительной мере варьирует год от года из-за различий в температурных условиях.

Рыбное население Нарвского залива представлено 49 видами рыб из 22 семейств и двумя видами миног (Таблица 13.1). Ихтиофауна прибрежной акватории Нарвского залива на глубинах 1,5-10 м (Отчет о НИР «Мониторинг...», 2018) метров по данным сетных уловов представлена 8-ю видами рыб, принадлежащих к 4-м семействам: сельдевых (салака), корюшковых

(корюшка), карповых (лещ, уклейка, густера, плотва, сырть), окунёвых (ёрш, окунь, судак) (рис. 13.12), также часто встречались представители бычковых (бычок-кругляк) и камбаловых (камбала). Большинство видов рыб являются типичными представителями ихтиофауны Финского залива. Исключение составляет бычок-кругляк, который является вселенцем. В периоды, связанные с формированием нерестовых скоплений, в уловах могут доминировать отдельные виды – например бычок-кругляк (Uspenskiy et al., 2021), корюшка и салака. В прибрежных зарослях макрофитов в весенний период основу уловов составляют лещ, линь, карась серебряный и красноперка.

На глубоководном участке Нарвского залива (Широков, Ильенкова, Попов, 1982; Проведении эколого-химических и гидробиологических исследований..., 2006; Отчет о НИР «Мониторинг...», 2018) по данным научно-исследовательских и промысловых траловых уловов ихтиофауна глубоководной части обследованного района представлена 16-ю видами рыб, принадлежащих к 13-и семействам. На глубоководном участке ядро ихтиоценоза формируют морские-солонатоводные виды – салака, шпрот, бельдюга, а также проходные (корюшка) и эвригалинные (колюшка трехиглая) видов. Часто встречается также обыкновенный бычок-лысун. Салака, шпрот, корюшка, бельдюга и колюшка трехиглая составляют ядро глубоководного ихтиоценоза в течение всего года. Минимальное видовое разнообразие наблюдается в июне, что обусловлено пространственным разделением рыб морского и пресноводного комплексов в нерестовый период. В октябре видовое разнообразие увеличивается за счет миграции взрослых особей ерша и колюшек на нагул, а также нерестовой миграции сиговых и миноги.

Динамика изменения видового состава четко прослеживается по мере удаления от берегов и увеличения солености воды, что согласуется с общим характером распределения рыб в восточной части Финского залива (Широков, Ильенкова, Попов, 1982).

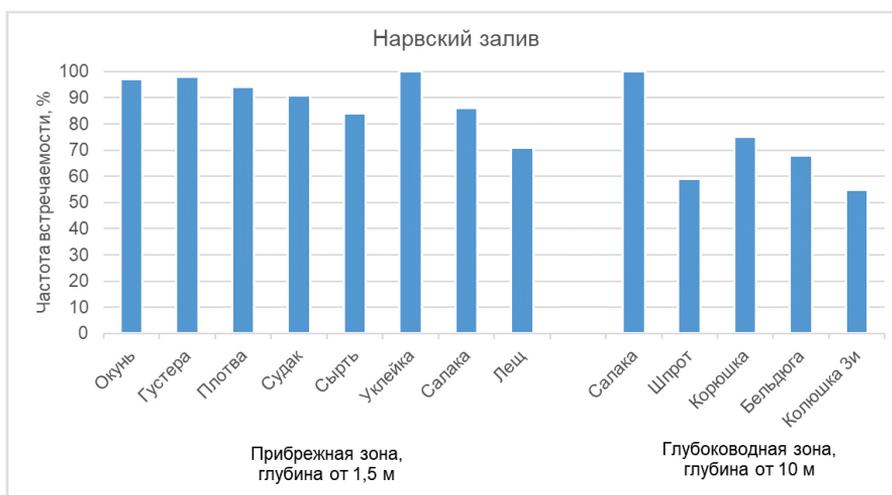


Рисунок 13.12 – Ядро ихтиоценоза разных участков Нарвского залива

В Нарвском заливе расположены нерестилища сига, корюшки, а на зарослевых прибрежных участках – локальные нерестовые участки таких пресноводных фитофильных видов как лещ, карась серебряный, красноперка, линь, щука. Места нереста сига имеют преимущественно галечно-каменистое основание, изредка – песчано-галечное. Глубина, на которой нерестятся сиви, как правило, не превышает 10 метров. Нерест начинается обычно при температуре воды 5-6°C и продолжается не менее 7-10 дней в зависимости от погодных условий. В реку Нарва через акваторию залива проходят нерестовые миграции атлантического лосося, корюшки, речной миноги. Периодически в уловах встречается речной угорь и молодые особи острорылого осетра.

В восточной части Финского залива обитает весенне-нерестующая салака и образует локальную популяцию, наиболее плотные и устойчивые скопления которой, имеющие промысловое значение, сосредоточены в глубоководных участках, прилегающих к островам Мощный, Большой и Малый Тютерс, Гогланд и в Нарвском заливе (Попов, 2006). В период нереста в мае-июне салака концентрируется в прибрежных районах залива. Нарвский залив является важнейшим промысловым районом салаки в российском секторе Финского залива. На его акватории в весенний период производится траловый лов салаки, а на приустьевых участках реки Нарвы массово добывается корюшка. В осеннее время производится сетной лов сига, а в весенне-летний период – судака, однако объемы их вылова невелики. В весенне-летний период также имеет место неспециализированный сетной лов частичковых рыб – леща, плотвы, окуня, ерша, линя, карася серебряного, и в том числе инвазионного бычка-кругляка.

13.8. Река Нарва

Река Нарва берет свое начало в Псковско-Чудском озере и впадает в Нарвский залив в восточной части Финского залива Балтийского моря. Протяженность реки 78.5 км.

До постройки плотины Нарвской ГЭС на реке были хорошо выражены два порожистых участка — Омутинских порогов и Нарвских порогов.

Исторически, в районе Нарвских порогов около г. Нарвы, в 15 км от устья располагался водопад высотой около 7 м, состоявший из двух рукавов. Под водопадом, который был непреодолим для проходных рыб, поднимавшихся из Финского залива в реку на нерест, и ниже по течению на протяжении примерно 2 км находились места нереста лосося и миноги. Уникальность нарвских нерестилищ заключалась в отсутствии на местах нереста в ложе реки песка и гальки, поэтому лосось не мог строить гнезда, как это происходит в большинстве других рек. Отложенная икра лосося течением забивалась под плитняк силурийских известняков, где в расщелинах благодаря сильному течению создавались благоприятные условия для развития икры и личинок. В результате строительства плотины Нарвской ГЭС в 1954 году пересохли оба рукава Нарвского водопада и естественные нерестилища лосося были полностью утрачены. На 12-километровом участке, расположенном ниже плотины, нерестилища лосося в настоящий период отсутствуют. Тем не менее, отмечается ежегодный нерестовый ход лосося, покатная молодь которого выпускается Нарвским рыбноводным заводом.

Рыбное население реки Нарва насчитывает 34 вида рыб 15 семейств и речную миногу (Таблица 13.1), хотя нужно признать, что река Нарва изучена в этом отношении недостаточно. Ихтиологические исследования, проводимые на данной реке, касаются преимущественно проблемы воспроизводства популяции лосося, и в меньшей степени других проходных видов рыб. О составе ихтиофауны можно судить преимущественно на основании данных о прилове специализированного промысла. Выше плотины Нарвской ГЭС наиболее часто встречаются, как правило, частичковые (окунь, плотва, лещ, густера, линь, ерш) и мелкие непромысловые (пескарь, уклейка, колюшка трехиглая) виды (рис. 13.14). Нарвское водохранилище характеризуется большой площадью зарастания макрофитами, небольшими глубинами и быстрым прогревом воды в весенний период, что создает благоприятные условия для нереста перечисленных фитофильных видов. Ниже плотины в весеннее время наряду с ними обилен ценный промысловый вид – корюшка, в отдельные периоды обычны судак и речная минога, во время осенних нерестовых миграций – лосось.

Нерестилища лосося в реке полностью утрачены, его воспроизводство полностью обеспечивается усилиями Нарвского рыбоводного завода, выполняющего выпуски молоди лосося в весеннее время. Нерест корюшки происходит в нижнем течении реки и на приустьевых опресненных участках в Нарвском заливе.

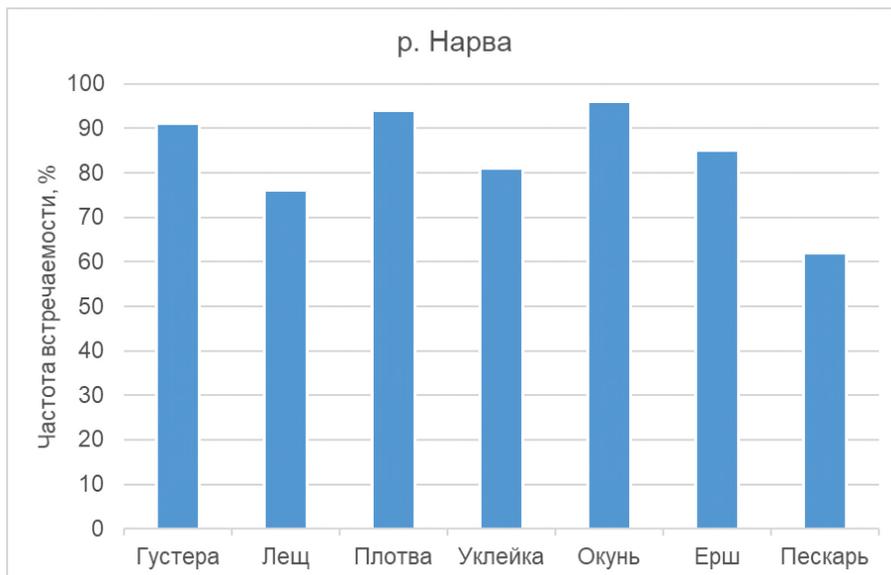


Рисунок 13.14 – Ядро икhtiоценоза реки Нарва выше плотины Нарвской ГЭС в летний период

Промысловый лов в реке Нарве традиционен и направлен главным образом на проходные виды рыб – корюшку и миногу, отлов которых ведется с помощью сетей в устьевой части реки ниже плотины ГЭС. В Нарвском водохранилище и в русле реки выше него ведется добыча леща, судака и линя с применением сетных орудий лова, однако объемы вылова незначительны. Поскольку р. Нарва – пограничная река, в ее акватории действуют правила рыболовства двух государств – Эстонии (по левому берегу) и России (по правому). На акватории, относящейся к Эстонии, разрешен осенний промысловый и любительский лов лосося.

13.9. Выборгский залив

Выборгский залив является самым северным участком Финского залива и единственным шхерным участком в пределах его российской акватории. Площадь акватории 335 км², протяженность 25 км, ширина у входа в залив 4 км, в оконечности у г. Выборг около 1 км. В северо-восточной части Выборгский залив ограничен Сайменским каналом, а в юго-западной — полуостровом Кипперорт. К району Выборгского залива часто относят пролив Бьеркезунд до

бухты Ермиловская и акваторию архипелага Березовые Острова. Характерной особенностью залива является наличие огромного количества шхер и мелководных бухт, а также островов разных размеров – от крупных (острова Высоцкий, Крепыш, Лисий) до едва заметных вершин подводных валунов, скал и банок.

Средняя глубина Выборгского залива не превышает 3-4 метров, здесь расположено множество банок и подводных камней. Юго-западная открытая часть Выборгского залива является более глубокой, глубины здесь достигают более 25 метров. Волнение вследствие узости большинства участков акватории во внутренней части залива и небольшой глубины незначительно, высота волн не превышает 1,5 м. Средняя месячная температура с мая по июль повышается с 10,2 до 19,5 °С, а к октябрю плавно понижается до 6,6 °С. Максимальные температуры в июле достигают 28,5 °С, наиболее быстро и интенсивно прогреваются мелководные бухты и узкие шхеры. В зимний период залив на большей части акватории покрывается льдом. Соленость во внутренней акватории составляет порядка 1‰, во внешней части увеличивается до 2-3‰.

Рыбное население Выборгского залива, в целом, отличается богатством видов. В данной акватории встречается до 46 видов рыб 19 семейств и один вид круглоротых (речная минога) (Таблица 13.1), относящихся к различным экологическим комплексам (Кудерский, 1996; Кудерский и Шурухин, 2007; Кудерский и др., 2008).

Весенне-нерестующие виды рыб в Выборгском заливе достаточно разнообразны и многочисленны, наиболее часто встречающимися являются плотва, лещ, густера, уклейка, окунь, ерш, судак, щука, корюшка, салака, язь, елец, голянь речной, пескарь, колюшки трехиглая и девятииглая, песчанка, разные виды бычков. Ядра ихтиоценозов внутренней (опресненной) и внешней (олигогалинной) акватории Выборгского залива весьма значительно различаются (рис. 13.15). Плотва и окунь, как правило, встречались на 100 % научно-исследовательских уловов. Совместно с ними ядро ихтиоценоза внутренней части Выборгского залива (встречаемость 50 % и более) составлял ерш, густера, лещ и судак, а во внешней – ерш и салака. Остальные виды встречаются в большей степени непостоянно. Окуня, ерша и плотву можно характеризовать как наиболее распространенные и многочисленные виды Выборгского залива. Большой частотой встречаемости относительно других районов восточной части Финского залива здесь характеризуются щука и линь.

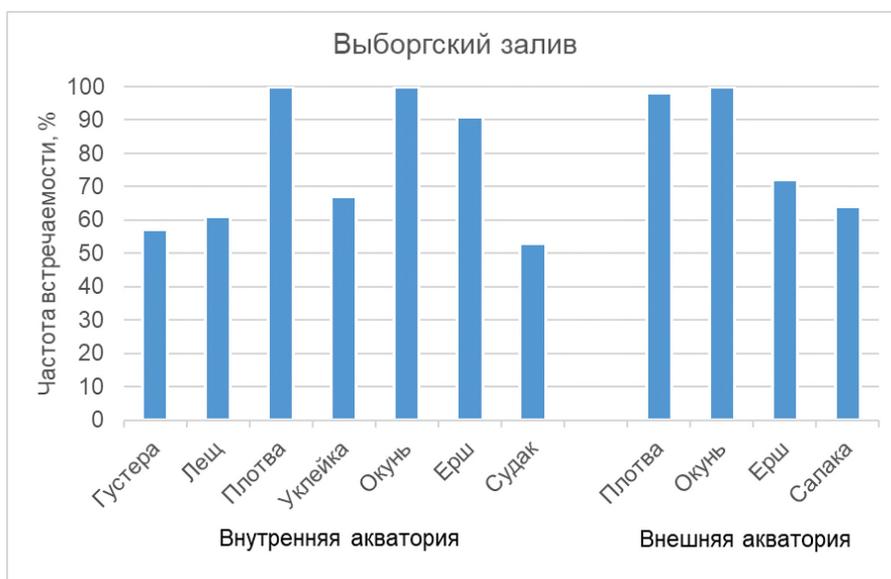


Рисунок 13.15 – Ядро иктиоценоза разных участков Выборгского залива в летний период

В Выборгском заливе расположены нерестилища массовых видов рыб, в первую очередь – салаки и леща, а также трехиглой колюшки, окуня, ерша, плотвы, щуки и т.д. Основные нерестилища салаки расположены в открытой части Выборгского залива на банках. Нерестилища трехиглой колюшки, леща, плотвы и окуня расположены в литорали на небольших глубинах преимущественно в опресненной, верхней части залива, а также в устьях впадающих в него ручьев и рек. В прибрежной зоне залива также происходит нерест ерша, щуки, красноперки, карася и линя, а также многих мелких прибрежных рыб (пескарь, бычки, песчанка и т.д.). Во внешней части акватории Выборгского залива на банках происходит нерест салаки.

Через акваторию Выборгского залива проходят пути нерестовых миграций проходных видов рыб – корюшки, невского лосося, кумжи, сига. Миграции лосося проходят в основном в открытой части залива и через пролив Бьеркезунд и далее вдоль северного побережья к Невской губе. Кумжа и сиг идут на нерест в том числе через внутреннюю акваторию залива, к рекам Селезневка, Малиновка и др. Нерест корюшки частично происходит в устьевых участках и нижнем течении рек, впадающих в Выборгский залив, часть стада мигрирует через открытую часть акватории к Невской губе.

Таблица 13.1 – Видовой состав рыбного населения различных участков восточной части Финского залива и его крупнейших притоков. НГ – Невская губа, МР – мелководный район, КГ – Копорская губа, ЛГ – Лужская губа, НЗ – Нарвский залив, ВЗ – Выборгский залив. ЭГр – экологические группы: а – анадромный, к – катадромный, п – пресноводный, м-с – морской-солонатоводный, э – эвригалинный, п-э – пресноводный-эстуарный. Встречаемость*: о – обычный, р – редкий, с – случайный

№	Вид	НГ	Р. Нева	МР	КГ	ЛГ	Р. Луга	НЗ	Р. Нарва	ВЗ	ЭГр
Сем. Petromyzontidae – Миноговые											
1	<i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758) — Минога морская							с			а
2	<i>Lampetra fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758) — Минога речная	О	о	о	О	о	о	о	о	о	а
Сем. Acipenseridae – Осетровые											
3	<i>Acipenser oxyrinchus</i> Mitchell, 1815 — Острорылый осетр					с	с	с	с		а
Сем. Anguillidae – Угревые											
4	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758) — Речной угорь	С	с	с	С	р	р	р	р	с	к
Сем. Clupeidae – Сельдевые											
5	<i>Clupea harengus membras</i> (Linnaeus, 1761) — Салака			с	Р	о	с	о		о	м-с
6	<i>Sprattus sprattus</i> (Linnaeus, 1758) — Шпрот			с	С	р		р		р	м-с
Сем. Cyprinidae – Карповые											
7	<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758) — Лещ	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п
8	<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758) — Уклейка	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п
9	<i>Aspius aspius</i> (Linnaeus, 1758) — Жерех	С	р				с				п
10	<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758) — Густера	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п
11	<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758) — Карась золотой	С	с		С	с	р	с		с	п
12	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782) — Серебряный карась	О	с	с	С	о	о	о	о	о	п
13	<i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758) — Пескарь	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п
14	<i>Leucaspis delineatus</i> (Heckel, 1843) — Верховка	Р	р	с	С	с	с	с	с	с	п
15	<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758) — Елец	О	о	о	О	р	о	с	о	о	п
16	<i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758) — Язь	О	о	р	Р	о	о		о	р	п
17	<i>Pelecus cultratus</i> (Linnaeus, 1758) — Чехонь	О	о	с	С		р				п
18	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758) — Гольян речной	Р	о	р	О	о	о	о	о	о	п
19	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) — Плотва	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п

Продолжение таблицы 13.1

20	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) — Красноперка	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п
21	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758) — Голавль	О	о	с	С	о	о	с	с	с	п
22	<i>Romanogobio albipinnatus</i> Lukasch, 1933 — Пескарь белоперый	Р		р							п
23	<i>Vimba vimba</i> (Linnaeus, 1758) — Сырть	О	о	р	Р	о	о	о	о	р	а
24	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758) — Линь	С	с	с	С	р	о	о	о	о	п
Сем. Cobitidae – Вьюновые											
25	<i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758 — Щиповка	О	о	о	О	р	о	р	о	р	п
26	<i>Misgurnus fossilis</i> (Linnaeus, 1758) — Вьюн	С	р				р		с	с	п
Сем. Nemacheilidae – Немахейловые											
27	<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758) — Голец усатый	С	о	с	С		о		с	с	п
Сем. Siluridae – Сомовые											
28	<i>Silurus glanis</i> (Linnaeus, 1758) — Сом	С	с				с				п
Сем. Osmeridae – Корюшковые											
29	<i>Osmerus eperlanus</i> (Linnaeus, 1758) — Корюшка европейская	О	о	о	О	о	о	о	о	о	а
Сем. Coregonidae – Сиговые											
30	<i>Coregonus albula</i> (Linnaeus, 1758) — Ряпушка	О	о	о	О	с	с	с	с	р	а
31	<i>Coregonus lavaretus</i> (Linnaeus, 1758) — Сиг	С	с	о	О	о	с	о	с	о	а
Сем. Thymallidae – Хариусовые											
32	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758) — Хариус европейский	С	р	с	С	с	р		с	р	п
Сем. Salmonidae – Лососевые											
33	<i>Salmo salar</i> Linnaeus, 1758 — Лосось атлантический	О	о	о	С	о	о	о	о	о	а
34	<i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758 — Кумжа	С	с	о	О	о	о	о	р	о	а
Сем. Esocidae – Щуковые											
35	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758 — Щука	Р	о	р	Р	о	о	о	о	о	п
Сем. Gadidae – Тресковые											
36	<i>Gadus morhua</i> Linnaeus, 1758 — Атлантическая треска							с			м-с
37	<i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758) — Налим	О	о	р	Р	о	о	о	о	р	п
Сем. Belonidae – Саргановые											
38	<i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1758) — Сарган					с		с			м

Продолжение таблицы 13.1

Сем. Gasterosteidae – Колюшковые											
39	<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758 — Колюшка трехиглая	О	о	о	О	о	о	о	о	о	э
40	<i>Pungitius pungitius</i> (Linnaeus, 1758) — Колюшка девятииглая	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п-э
Сем. Syngnathidae – Игловые											
41	<i>Nerophis ophidion</i> (Linnaeus, 1758) — Северная змеевидная рыба игла				С	с		с		с	м-с
Сем. Cottidae – Керчаковые											
42	<i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758 — Подкаменщик обыкновенный	О	о	с	С	с	о	с	о	о	п
43	<i>Myoxocephalus scorpius</i> (Linnaeus, 1758) — Керчак	С		с	Р	о		о		о	м-с
44	<i>Trigloporus quadricornis</i> (Linnaeus, 1758) — Рогатка	С	с		Р	р		о		о	э
Сем. Cyclopteridae – Пинагоровые											
45	<i>Cyclopterus lumpus</i> (Linnaeus, 1758) — Пинагор							с			м
Сем. Percidae – Окуневые											
46	<i>Gymnocephalus cernua</i> (Linnaeus, 1758) — Ёрш	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п
47	<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758 — Окунь	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п
48	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758) — Судак	О	о	о	О	о	о	о	о	о	п
Сем. Odontobutidae – Одонтобуговые											
49	<i>Perccottus glenii</i> Dybowski, 1877 — Ротан	Р	с	р							п
Сем. Liparidae – Липаридовые											
50	<i>Liparis liparis</i> (Linnaeus, 1758) — Европейский липарис					с		с			м
Сем. Zoarcidae – Бельдюговые											
51	<i>Zoarces viviparus</i> (Linnaeus, 1758) — Бельдюга	Р		о	О	о		о		р	м-с
Сем. Ammodytidae – Песчанковые											
52	<i>Ammodytes tobianus</i> Linnaeus, 1758 — Песчанка малопозвонковая			с	О	о		о		р	м-с
53	<i>Hyperoplus lanceolatus</i> (Le Sauvage, 1824) — Большая песчанка							с			м-с
Сем. Gobiidae – Бычковые											
54	<i>Gobius niger</i> (Linnaeus, 1758) — Черный бычок			р	Р	р		о		р	м-с
55	<i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814) — Бычок- кругляк			о	О	о	р	о		с	э

Продолжение таблицы 13.1

56	<i>Pomatoschistus microps</i> (Kroyer, 1838) — Обыкновенный бычок- лысун	С		о	О	о		о		о	М-С
57	<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770) — Малый бычок-лысун	С		с	Р	о		о		р	М-С
58	<i>Proterorhinus sp.</i> — Бычок- щуцик	О	с	о	О	о	с	о		с	П-Э
Сем. Pleuronectidae – Камбаловые											
59	<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758) — Речная камбала	С		с	С	с	с	с	с	с	М-С
Сем. Bothidae – Ботовые											
60	<i>Scophthalmus maximus</i> (Linnaeus, 1758) — Камбала ромб							с			М-С
<i>Итого видов</i>		45	40	45	47	48	42	51	35	47	

* Встречаемость представителей ихтиофауны, отраженная в таблице, оценивалась по архивным материалам ГосНИОРХ, опубликованным в литературных источниках (Широков и др., 1982; Кудерский, 1996; Кудерский, 1999; Кудерский и др., 2007; Кудерский, Шурухин, 2007; Кудерский и др., 2008; и т.д.), и по результатам ихтиологических съемок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Васильев Д.К. 2016 Анализ изменения мезоклиматических условий районов расположения АЭС при нормальной эксплуатации (Ленинградская и Белоярская АЭС). СПбГУ, дисс. магистр.
- Гусев А.Г. Рыбы и рыбный промысел р. Невы и влияние на них загрязнений. Тр. зоол. инст. АН СССР, 1968. т.45. с.258-270.
- Комплексные экологические и рыбохозяйственные исследования прибрежной зоны Невской губы, восточной части Финского залива и реки Невы в связи с оценкой антропогенного воздействия на эти водоемы // Отчет о НИР. Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ». – 1988.
- Комплексные экологические и рыбохозяйственные исследования прибрежной зоны Невской губы, восточной части Финского залива и реки Невы в связи с оценкой антропогенного воздействия на эти водоемы // Отчет о НИР. Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ». – 1989.
- Кудерский Л.А., 1996. Состояние рыбных ресурсов Ладожского озера, р. Невы и восточной части Финского залива // Экол. состояние водоемов и водотоков бассейна реки Невы. СПб, СПбНЦ РАН. С. 131–154.
- Кудерский Л.А., 1999. Состав и многолетние изменения рыбного населения в Невской губе и восточной части Финского залива // Финский залив в условиях антропогенного воздействия. Под ред. В.А Румянцева, В.Г. Дрabbковой. СПб. С. 257–303.
- Кудерский Л.А., Шурухин А.С., 2007. Рыбы. // Природная среда и биологическое разнообразие архипелага Березовые острова. СПб, Ботанический ин-т РАН. С. 277–285.

- Кудерский Л.А., Шурухин А.С., Попов А.Н., Богданов Д.В., Яковлев А.С., 2007. Рыбное население Невской губы. I. Рыбы и рыбные ресурсы внутренних водоемов // Сборник н.тр. ГосНИОРХ. Вып. 336. Спб. С. 9–35.
- Кудерский Л.А., Шурухин А.С., Попов А.Н., Богданов Д.В., Яковлев А.С., 2008. Рыбное население эстуария реки Невы // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. С. 223–240.
- Михин В.С. 1939. Материалы по биологии и промыслу угря в восточной части Финского залива // Сборник, посвященный научной деятельности Н.М. Книповича. М. –Л., Пищепромиздат. С. 215–222.
- Отчет НИР «Мониторинг миграций лососевых рыб в осенний период 2018 г. в Нарвском заливе Балтийского моря», 2018. Фонды «ГосНИОРХ». 57 с.
- Отчет о НИР: Исследование водных биологических ресурсов и среды их обитания в восточной части Финского залива с целью оценки воздействия на них проведения дноуглубительных работ в Морском торговом порту Усть-Луга в навигацию 2012-2013 гг. 2013. - Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ».
- Отчет о НИР: Картирование гидроценозов Лужской губы в связи со строительством угольного терминала. 1997. – Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ».
- Отчет о НИР: Локальный рыбохозяйственный мониторинг при производстве дноуглубительных работ на акватории Угольного терминала. 2002. – Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ».
- Отчет о НИР: Оценка воздействия на ихтиофауну и кормовую базу рыб восточной части Финского залива гидротехнических работ в районах масштабного гидростроительства: Комплекс защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений, порты Санкт-Петербург, Усть-Луга, Высоцк в составе экологического мониторинга. 2008. – Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ».
- Отчет о НИР: Оценка воздействия на ихтиофауну и кормовую базу рыб восточной части Финского залива гидротехнических работ в районах масштабного гидростроительства: Комплекс защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений, порты Санкт-Петербург, Усть-Луга, Высоцк в составе экологического мониторинга. 2009. – Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ».
- Отчет о НИР: Оценка воздействия на ихтиофауну и кормовую базу рыб восточной части Финского залива гидротехнических работ в районах масштабного гидростроительства: комплекс защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений, порты Санкт-Петербург, Усть-Луга, Высоцк в составе экологического мониторинга. 2010. - Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ».
- Отчет о НИР: Оценка состояния ихтиоценоза и кормовой базы рыб в Лужской губе при выполнении дноуглубительных работ в Северной части МТП Усть-Луга в навигацию 2007 года в составе локального экологического мониторинга. 2007. – Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ».
- Отчет о НИР: Разработка системы и проведение экологического мониторинга воздействия строительства Усть-Лужского порта (Раздел: Уточнение размеров ущерба, наносимого рыбным запасам во время строительства порта). 1994. – Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ».

- Попов А.Н. 2006. Биология и воспроизводство запасов корюшки (*Osmerus eperlanus* L.) восточной части Финского залива. - Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, вып. 331, т. 2: 92-118.
- Попов А.Н. 2006. Многолетняя динамика состояния запасов салаки (*Clupea harengus membras* L.) восточной части Финского залива и определяющие ее факторы. - Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, вып. 331, т. 2: с. 119- 139.
- Правдин. И.Ф. Промысловые рыбы реки Невы. Изв. инст. озерн. и речн. рыбн. хоз., XXII, 1939. стр. 38-48.
- Проведение эколого-химических и гидробиологических исследований для проекта строительства морского участка Северо-Европейского газопровода (восточная часть Финского залива Балтийского моря). По результатам исследований 2005-2006 гг. // Отчет о НИР. Фонды ФГБНУ «ГосНИОРХ». 2006.
- Ружин С.В. 1987. Видовая структура и хозяйственное использование ихтиофауны Невской губы // Невская губа, гидробиологические исследования. Л., Наука. С. 186–198.
- Световидова А.А. 1941. Материалы по биологии неевского лосося. Зоол. журн., т.20, вып.3. с.470-481.
- Широков Л.В., Ильенкова С.А., Попов А.Н., 1982. Распределение рыб в восточной части Финского залива // Сборник н.тр. ГосНИОРХ. Вып. 192. Л. С.57–69.
- Bogdanov D.V., Sendek D.S., Lajus D.L. Coregonine fisheries in the eastern Gulf of Finland, Baltic Sea: history and current status. *Advanc. Limnol.* 66, p. 65–81. DOI: 10.1127/adv_limnol/2021/0075.
- Sendek D.S., Bogdanov D.V. European smelt *Osmerus eperlanus* in the eastern Gulf of Finland, Baltic Sea: Stock status and fishery. *J Fish Biol.* 2019; 94:1001–1010. DOI: 10.1111/jfb.14009.
- Uspenskiy A, Yurtseva A, Bogdanov D., 2021. Population characteristics of the non-indigenous round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae), in the eastern Gulf of Finland. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 51 (3): P. 327–337. <https://doi.org/10.3897/aiep.51.68601>.
- Bogdanov D.V., Sendek D.S., Lajus D.L. Coregonine fisheries in the eastern Gulf of Finland, Baltic Sea: history and current status. *Advanc. Limnol.* 66, p. 65–81. DOI: 10.1127/adv_limnol/2021/0075.
- Sendek D.S., Bogdanov D.V. European smelt *Osmerus eperlanus* in the eastern Gulf of Finland, Baltic Sea: Stock status and fishery. *J Fish Biol.* 2019; 94:1001–1010. DOI: 10.1111/jfb.14009.
- Uspenskiy A, Yurtseva A, Bogdanov D., 2021. Population characteristics of the non-indigenous round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae), in the eastern Gulf of Finland. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 51 (3): P. 327–337. <https://doi.org/10.3897/aiep.51.68601>.

УДК 504.03

ГЛАВА 14. АПРОБАЦИЯ ПОДХОДА К СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКЕ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ АКВАТОРИЙ И ВОДНОЙ БИОТЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА НА ПРИМЕРЕ СПОСОБНОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ФОРМИРОВАТЬ РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ РОСРЫБОЛОВСТВА И ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

**А.А. Нестерчук, В.П. Говорухин, Ильина Н.Н.*

ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

**e-mail: nesterchuk@spbrc.nw.ru*

ВВЕДЕНИЕ

Разработка методов оценки экосистемных услуг акваторий и водной биоты восточной части Финского залива на примере обеспечивающей услуги осуществлялась с учетом требований ГОСТ Р ИСО 14007-2020 Экологический менеджмент. Руководящие указания по определению экологических затрат и выгод, ГОСТ Р ИСО 14008-2019 Денежная оценка воздействия на окружающую среду и соответствующих экологических аспектов и ГОСТ Р 56828.38-2018. Окружающая среда. Термины и определения.

На данном этапе исследования темы разработан подход к стоимостной оценке модельной обеспечивающей услуги – способности экосистемы формировать рыбопродуктивность, для чего было проведено: (1) исследование рыбохозяйственных ресурсов на акваториях, указанных на Рис. 4.1. (Невская губа, Мелководный район, простирающийся от дамбы Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (далее – КЗС) до линии мыс Флотский – мыс Шепелевский, Копорскую губу, Лужскую губу, Нарвский и Выборгский заливы, реки Нева, Луга и Нарва); на основании (1) составлен запрос и (2) получены по запросу (табл. 14.1-14.6) сведения о промысловом вылове (использовании биоресурсов); (3) рассчитана стоимость использованных рыбохозяйственных ресурсов.

Состояние рыбохозяйственных ресурсов в восточной части Финского залива за ряд лет (видовой состав, количественные показатели, пространственное распределение) и факторы, воздействующие на биотопы, обеспечивающие и формирующие динамику наиболее важных элементов рыбохозяйственных ресурсов приведены в предшествующей главе (13).

14.1. Общая характеристика подхода к стоимостной оценке обеспечивающей услуги на основании результатов целевой деятельности бенефициара, состояния природных биологических ресурсов на акватории восточной части Финского залива, обеспечивающих услугу, и степень использования ресурсов

14.1.1. Общая характеристика подхода

Для экономической оценки экосистемных услуг и формирования механизма компенсации/платежей за нее в реальной экономике можно выделить шесть этапов:

- идентификация экосистемной услуги;
- квантификация (количественная оценка) экосистемной услуги;
- определение экономической ценности экосистемной услуги;
- определение поставщика и собственника экосистемной услуги;
- определение бенефициара (получателя) выгод от экосистемной услуги;
- формирование механизма платежей (компенсации) за экосистемную услугу.

Идентификация экосистемной услуги предусматривает отнесение ее либо к обеспечивающим (снабжение людей продовольствием, топливом, водой, различным сырьём), либо предоставляющим регуляционные, поддерживающие и культурные услуги и ее конкретизация, например, обеспечение рыболовства, регулирование стока и запасов воды, поддержание видового разнообразия, предоставление ландшафтной ценности и т.д.

Квантификация экосистемной услуги предусматривает получение количественной оценки экосистемной услуги. Например, в данном исследовании для экосистемной услуги «Способности экосистемы формировать рыбопродуктивность» приведены официальные сведения об освоении водных биологических ресурсов в 2020, 2021 и 2022 годах Северо-Западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству (табл. 14.1-14.6).

Для оценки *экономической ценности экосистемной услуги* для приведенного выше примера было произведено перемножение значения величины фактического освоения видов водных биологических ресурсов на их среднегодовую оптовую цену.

Определение поставщика и собственника экосистемной услуги. Поставщиками и собственниками экосистемной услуги «Способности экосистемы формировать рыбопродуктивность» являются юридические и

физические лица, имеющие лицензии на данный вид хозяйственной деятельности (для любительского рыболовства лицензии могут отсутствовать).

Определение бенефициара (получателя) выгод от экосистемной услуги.

Получателями выгод от экосистемной услуги «обеспечение рыболовства в акватории ВЧФЗ» являются как хозяйствующие субъекты, так и потребители.

Формирование механизма платежей (компенсации) за экосистемную услугу выражается в различной форме, в том числе в виде оплаты выделяемых квот, «квот под киль» и воспроизводства мальков рыб, выпускаемых в водоемы. На данном этапе формирование механизма платежей (компенсации) за экосистемную услугу не производилось, предполагается на втором этапе.

На первом этапе работы исследования закончены оценкой экономической ценности экосистемной услуги «Способности экосистемы формировать рыбопродуктивность».

14.1.2. Исходные данные для первичной стоимостной оценки

Ниже приведены данные, предоставленные Северо-Западным территориальным управлением Федерального агентства по рыболовству, по объемам допустимых уловов и фактическим объемам добычи (вылова) водных биологических ресурсов с разбивкой по видам в Финском заливе в период с 2020 по 2022 гг., сведенные в таблицы 14.1 - 14.6.

Таблица 14.1 – Сведения об освоении водных биологических ресурсов в 2020 году в Финском заливе. Таблица составлена по официальным сведениям об освоении водных биологических ресурсов в 2020, 2021 и 2022 годах Северо-Западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству (письмо вх. от 18.12.2023 №01/13236)

Сведения об освоении водных биологических ресурсов, общий допустимый улов которых по квотам не устанавливается, по состоянию на 31.12.2020 г.			
Вид ВБР	2020 год		
	Рекомендованный объем вылова, тонн	Фактическое освоение, тонн	Освоение, %
Финский залив Балтийского моря			
Сиг	15,000	4,370	29,13
Корюшка европейская	639,990	890,339	139,12
Ряпушка	35,000	25,704	73,44
Минога	50,000	56,305	112,61
Рыбец, сырть	8,000	5,146	64,33
Налим	9,990	3,066	30,69
Щука	14,950	5,257	35,16
Ерш пресноводный	399,950	336,672	84,18
Окунь пресноводный	114,950	31,504	27,41
Плотва	169,980	90,647	53,33
Лещ	1 89,980	233,739	123,03
Колюшка трехиглая	40,000	5,895	14,74
Чехонь	11,990	8,959	74,72
Густера, жерех, карась, красноперка, линь, укля, язь, бельдюга, пескар, елец, бычки	79,700	18,800	23,59

Таблица 14.2 – Сведения об освоении водных биологических ресурсов в 2021 году. в Финском заливе Таблица составлена по официальным сведениям об освоении водных биологических ресурсов в 2020, 2021 и 2022 годах Северо-Западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству (письмо вх. от 18.12.2023 №01/13236)

Сведения об освоении водных биологических ресурсов, общий допустимый улов которых по квотам не устанавливается, по состоянию на 31.12.2021			
Вид ВБР	2021 год		
	Рекомендованный объем вылова, тонн	Фактическое освоение, тонн	Освоение, %
Финский залив Балтийского моря			
Сиг	14,500	3,222	22,22
Корюшка европейская	676,990	1006,223	148,63
Ряпушка	34,500	9,103	26,39
Миноги	49,900	39,246	78,65
Рыбец, сырть	7,800	3,871	49,63
Налим	9,890	4,831	48,85
Щука	14,750	5,913	40,09
Ерш пресноводный	436,950	195,337	44,70
Окунь пресноводный	96,850	30,585	31,58
Плотва	157,880	80,075	50,72
Лещ	196,880	157,242	79,87
Колношка трехглая	29,500	7,389	25,05
Чехонь	11,890	4,087	34,37
Густера, жерех, карась, красноперка, линь, уклейка, язь, бельдюга, пескарь, елец, бычки	80,000	22,920	28,65

Таблица 14.3 – Сведения об освоении водных биологических ресурсов в 2022 году в Финском заливе. Таблица составлена по официальным сведениям об освоении водных биологических ресурсов в 2020, 2021 и 2022 годах Северо-Западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству (письмо вх. от 18.12.2023 №01/13236)

Сведения об освоении водных биологических ресурсов, общий допустимый улов которых по квотам не устанавливается, по состоянию на 31.12.2022 г.			
Вид ВБР	2022 год		
	Рекомендованный объем вылова, тонн	Объем добычи (вылова), тонн	Освоение, %
Финский залив Балтийского моря			
Сиг	9,5	3,7	38,95
Корюшка европейская	1132	644,888	56,97
Ряпушка	29,5	3,333	11,30
Миноги	59,9	30,7415	51,32
Рыбец, сырть	7,8	2,312	29,64
Налим	7,9	4,752	60,15
Щука	11,8	5,7274	48,54
Ерш пресноводный	437	173,449	39,69
Окунь пресноводный	96,9	36,664	37,84
Плотва	1 77,9	120,367	67,66
Лещ	286,9	143,208	49,92
Колношка трехглая	29,5	0,003	0,01
Густера	39,8	16,2	40,70
Красноперка	4,8	0,147	3,06
Уклейка	4,8	0,09	1,88
Чехонь	11,9	7,584	63,73
Бельдюга, карась, пескарь, елец, жерех, язь, линь, бычки	19,341	12,128	62,71

Таблица 14.4 – Сведения об освоении водных биологических ресурсов в 2020 году в Балтийском море. Таблица составлена по официальным сведениям об освоении водных биологических ресурсов в 2020, 2021 и 2022 годах Северо-Западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству (письмо вх. от 18.12.2023 №01/13236)

Сведения об освоении водных биологических ресурсов, общий допустимый улов которых устанавливается по квотам, по состоянию на 31.12.2020						
Вид ВБР	Квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях, тонн	Фактическое освоение, тонн	Освоение, %	Квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления промышленного рыболовства, тонн	Фактическое освоение, тонн	Освоение, %
Балтийское море						
Сельдь балтийская (салака)	21,350	0,005	0,02	25478,620	13770,094	54,05
Килька балтийская (шпрот)	25,101	0,000	0,00	41674,899	15148,332	36,35
Треска	11,720	0,000	0,00	5388,280	279,590	5,19
Камбала речная	6,710	0,000	0,00	1823,200	102,014	5,60
Финский залив Балтийского моря						
Судак	2,150	0,044	2,04	28,850	16,041	55,60

Таблица 14.5 – Сведения об освоении водных биологических ресурсов в 2021 году в Балтийском море. Таблица составлена по официальным сведениям об освоении водных биологических ресурсов в 2020, 2021 и 2022 годах Северо-Западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству (письмо вх. от 18.12.2023 №01/13236)

Сведения об освоении водных биологических ресурсов, общий допустимый улов которых устанавливается по квотам, по состоянию на 31.12.2021						
Вид ВБР	Квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях, тонн	Фактическое освоение, тонн	Освоение, %	Квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления промышленного рыболовства, тонн	Фактическое освоение, тонн	Освоение, %
Балтийское море						
Сельдь балтийская (салака)	10,000	0,000	0,00	24878,650	10673,186	42,90
Килька балтийская (шпрот)	5,000	0,0027	0,05	44674,899	13546,349	30,32
Треска	0,000	0,000	0,00	2888,280	302,192	10,46
Камбала речная	0,000	0,000	0,00	1513,290	213,354	14,10
Финский залив Балтийского моря						
Судак	2,100	0,015	0,73	30,850	21,070	68,30

Таблица 14.6 – Сведения об освоении водных биологических ресурсов в 2022 году в Балтийском море. Таблица составлена по официальным сведениям об освоении водных биологических ресурсов в 2020, 2021 и 2022 годах Северо-Западного территориального управления Федерального агентства по рыболовству (письмо вх. от 18.12.2023 №01/13236)

Сведения об освоении водных биологических ресурсов, общий допустимый улов которых устанавливается по квотам, по состоянию на 31.12.2022						
Вид ВБР	Квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях, тонн	Фактическое освоение, тонн	Освоение, %	Квоты добычи (вылова) ВБР для осуществления промышленного рыболовства, тонн	Фактическое освоение, тонн	Освоение, %
Балтийское море						
Сельдь балтийская (салака)	21,300	0,008	0,04	24728,700	13274,8	53,68
Килька балтийская (шпрот)	25,100	0,000	0,00	43374,900	14179,6	32,69
Треска	12,000	0,000	0,00	1888,000	200,999	10,65
Камбала речная	6,790	0,000	0,00	1213,210	175,430	10,65
Лосось атлантический (сёмга)	0,100	0,000	0,00	47,900	0,000	0,00
Финский залив Балтийского моря						
Судак	2,100	0,025	1,17	32,900	18,079	54,95
Лосось атлантический (сёмга)	0,500	0,030	6,04	12,500	0,114	0,91

14.2. Апробация подхода к стоимостной оценке обеспечивающих экосистемных услуг акваторий и водной биоты восточной части финского залива на примере способности экосистемы формировать рыбопродуктивность с использованием данных Росрыболовства и открытых источников

Для определения стоимостной оценки обеспечивающих экосистемных услуг акваторий и водной биоты восточной части Финского залива ниже приведён метод расчёта экосистемной услуги на примере способности экосистемы формировать рыбопродуктивность.

Для этого необходимо было выбрать, обобщить и свести в одну таблицу данные столбцов «Фактическое освоение ВБР (в тоннах) за 2020, 2021 и 2022 годы» из таблиц 14.1 - 14.3 на основании рекомендованного объема вылова и данные столбцов «Фактическое освоение ВБР (в тоннах) за 2020, 2021 и 2022 годы» из таблиц 14.4 – 14.6 на основании квоты добычи (вылова) ВБР для

осуществления промышленного рыболовства, представленные. Сводные данные представлены в таблице 14.7.

Таблица 14.7 – Сводка сведений об освоении водных биологических ресурсов в Балтийском море и Финском заливе (составлена на основе таблиц 14.1 – 14.6)

Водные биологические ресурсы	Фактический объём вылова, тонн		
	2020 год	2021 год	2022 год
Финский залив			
Сиг	4,370	3,222	3,7
Корюшка европейская	890,339	1006,223	644,888
Ряпушка	25,704	9,103	3,333
Минога	56,305	39,246	30,7415
Рыбец, сырть	5,146	3,871	2,312
Налим	3,066	4,831	4,752
Щука	5,257	5,913	5,7274
Ерш пресноводный	336,672	195,337	173,449
Окунь пресноводный	31,504	30,585	36,664
Плотва	90,647	80,075	120,367
Лещ	233,739	157,242	143,208
Колюшка трёхиглая	5,895	7,389	0,003
Чехонь	8,959	4,087	16,2
Густера, жерех, карась, краснопёрка, линь, укляя, язь, бельдюга, пескарь, елец, бычки	18,800	22,920	36,149
Судак	16,041	21,070	18,079
<i>Балтийское море</i>			
Сельдь балтийская (салака)	13770,094	0673,186	13274,8
Килька балтийская (шпрот)	15148,332	13546,349	14179,6
Треска	279,590	302,192	200,999
Камбала речная	102,014	213,354	175,430
Лосось атлантический (сёмга)	-	-	0,114

При определении цены на водные биологические ресурсы в 2020, 2021 и 2022 годах необходимо руководствоваться официальными статистическими показателями, приведёнными в Росстат – ЕМИСС¹⁾ и среднегодовыми оптовыми ценами на рыбопродукцию. С учетом оптовых цен (в рублях) данных

¹ Единая межведомственная информационно-статистическая система

конкретных биологических ресурсов, представленных в таблице 14.8, можно определить экономическую ценность экосистемной услуги (таблица 14.9).

Таблица 14.8 – Оптовые цены водных биологических ресурсов, руб.

Водные биологические ресурсы	2020 год	2021 год	2022 год
Финский залив			
Сиг	275 руб.	1000 руб.	700 руб.
Корюшка	100 руб.	800 руб.	260 руб.
Ряпушка	360 руб.	195 руб.	220 руб.
Минога	490 руб.	560 руб.	674 руб.
Рыбец, сырть	220 руб.	350 руб.	300 руб.
Налим	100 руб.	240 руб.	120 руб.
Щука	80 руб.	150 руб.	200 руб.
Ёрш	75 руб.	100 руб.	317 руб.
Окунь	100 руб.	90 руб.	150 руб.
Плотва	75 руб.	100 руб.	140 руб.
Лещ	160 руб.	140 руб.	100 руб.
Колюшка трёхиглая	100 руб.	150 руб.	200 руб.
Чехонь	160 руб.	150 руб.	180 руб.
Густера, жерех, карась, краснопёрка, линь, укля, язь, бельдюга, пескарь, елец, бычки	75 руб.	175 руб.	184 руб.
Судак	420 руб.	350 руб.	350 руб.
Балтийское море			
Сельдь	200 руб.	300 руб.	100 руб.
Килька (шпрот)	70 руб.	111 руб.	115 руб.
Треска	295 руб.	359 руб.	297 руб.
Камбала речная	290 руб.	147 руб.	195 руб.
Лосось атлантический (сёмга)	500 руб.	810 руб.	885 руб.

Таблица 14.9 – Оценка экономической ценности экосистемной услуги «Способности экосистемы формировать рыбопродуктивность»

Водные биологические ресурсы (ВБР)	Экономическая ценность экосистемной услуги, руб.			Итого за 3 года, руб.
	2020 год	2021 год	2022 год	
Финский залив				
Сиг	1 201 750	3 222 000	2 590 000	7 013 750
Корюшка европейская	89 039 900	804 978 400	167 670 880	1 061 689 180
Ряпушка	9 253 440	1 775 085	733 260	11 761 785
Минога	27 589 450	21 977 760	20 719 771	70 286 981
Рыбец, сырть	1 132 120	1 354 850	693 600	3 180 570
Налим	306 600	1 159 440	570 240	2 036 280
Щука	420 560	886 950	1 145 400	2 452 910
Ёрш пресноводный	25 250 400	19 533 700	54 983 333	99 767 433
Окунь пресноводный	3 150 400	2 752 650	5 499 600	11 402 650
Плотва	6 798 525	8 007 500	16 851 380	31 657 405

Продолжение таблицы 14.9

Лещ	37 398 240	22 013 880	14 320 800	73 732 920
Колошшка трёхиглая	589 500	1 108 350	60	1 697 910
Чехонь	1 433 440	613 050	2 916 000	4 962 490
Густера, жерех, карась, краснопёрка, линь, укляя, язь, бельдюга, пескарь, елец, бычки	1 410 000	4 011 000	6 651 416	12 072 416
Судак	6 737 220	7 374 500	6 327 650	20 439 370
Итого, руб. (Финский залив)	211 711 545	900 769 115	301 673 390	1 414 154 050
Балтийское море				
Сельдь балтийская (салака)	2 754 018 800	3 201 955 800	1 327 480	5 957 302 080
Килька балтийская (шпрот)	1 060 383 240	1 503 644 739	1 630 654 000	4 194 681 979
Треска	82 479 050	108 486 928	59 696 703	250 662 681
Камбала речная	29 584 060	31 363 038	34 208 850	95 155 948
Лосось атлантический (сёмга)	0	0	100 890	100 890
Итого, руб. (Балтийское море)	3 926 465 150	4 845 450 505	1 725 987 923	10 497 903 578
Итого, руб.	4 138 176 695	5 746 219 620	2 027 661 313	11 912 057 628

С учетом экономической ценности экосистемной услуги, определив поставщика (собственника) и бенефициара (получателя) услуги формируется механизм платежей (компенсаций) за экосистемную услугу.

ВЫВОДЫ

1) Метод расчёта экономической ценности экосистемной услуги на примере способности экосистемы формировать рыбопродуктивность опробован и показал, что экономическая ценность экосистемной услуги «Способности экосистемы формировать рыбопродуктивность» в Балтийском море и Финском заливе в период с 2020 по 2022 годы достигает: от двух до шести миллиардов рублей. В Финском заливе экономическая ценность этой экосистемной услуги достигает от двухсот миллионов в 2020 году, до девятисот миллионов в 2021 году.

2) Наибольший вклад в экономическую ценность экосистемной услуги на примере способности экосистемы формировать рыбопродуктивность привнесли вылов корюшки европейской в восточной части Финского залива, сельди балтийской (салаки) и кильки балтийской (шпроты) в Балтийском море;

3) Следует также отметить, что водные биологические ресурсы как в Финском заливе, так и в Балтийском море недоиспользуются. Фактическое освоение ВБР в 2020-2022 годах составляет в среднем менее 50%, за исключением вылова корюшки европейской и миноги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

М.И. Орлова

ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: om@spbrc.nw.ru

1. Основные итоги работ в аспекте дальнейшего планирования исследований

Итогами первого этапа научно-исследовательской работы (2023 г.) (анализ открытых источников и запросов, результатов научного задела (фондовые материалы), проведенные оригинальные полевые исследования и наблюдения) помимо получения новых знаний об экосистеме Финского залива были следующие основные результаты:

(1) выбор модельных видов морской деятельности;

(2) выбор наиболее важных и интересных с практической и научно-исследовательской точек зрения видов экосистемных услуг и издержек;

(3) выявление географических и биологических объектов, значимых для фундаментальных, поисковых и прикладных исследований и при планировании бесконфликтного использования природных ресурсов ВЧФЗ при осуществлении различных видов морепользования, обеспечении безопасности жизнедеятельности населения прибрежных территорий;

(4) предложение биологических показателей – фактографические биологические показатели (первичные, получаемые в ходе натуральных наблюдений и экспериментальных исследований) как основы для: пространственных оценок распределения ключевых элементов биоты; расчёта их функциональных характеристик; оценки экосистемных услуг и издержек, обусловленных функциональными характеристиками.

Результаты предполагается апробировать и верифицировать в ходе работ трех ближайших этапов проекта (2024-2026гг.) на модельных и референтных акваториях ВЧФЗ в соответствии с логическими схемами анализа состояния и использования природных ресурсов, предложенными в Главах 2, 3, 6 (подраздел 6.2.3), 9 и 14, одновременно с продолжением сбора фактографических данных; использовать их для дальнейших концептуальных разработок и совершенствования понятийного и терминологического аппарата.

2. Выбор модельных видов морской деятельности и воздействий (последствий) в качестве предмета исследований в 2024-2026 гг.

Исходя из:

– результатов исследований природных особенностей, планов развития региона, кластерной структуры размещения предприятий и инфраструктуры субъектов морской деятельности и соответствующих направлений использования прибрежной части ВЧФЗ; размещения наиболее значимых технических объектов; зарегистрированных разноплановых тенденций антропогенной трансформации ВЧФЗ, изложенных в Части 2;

– очевидной потребности населения СЗФО и хозяйствующих субъектов в (а) сохранении прямых ресурсных функций (таких как достаточное качество воды, удовлетворительное состояние водной среды (местообитаний), популяций ресурсных видов и живых сообществ залива в целом (структурного и функционального биоразнообразия¹⁾), обеспечивающих выгоды от использования природных ресурсов (экосистемные услуги¹⁾), (б) минимизации затрат на обеспечении эффективности и безопасности хозяйственной деятельности и жизнедеятельности населения (нивелирующих негативные обратные отклики экосистемы (экосистемные издержки));

– приоритетных направлений развития науки и совокупности уже собранных с использованием интегративного подхода (описание в Главе 2) фактографических биологических данных, научного задела натурных наблюдений, апробации возможностей и ограничений различных подходов к экономической оценке природных ресурсов и их использования произведён выбор модельных видов морской деятельности и модельных экосистемных услуг и издержек для дальнейшего исследования.

Модельными видами морской деятельности из всей совокупности определённых в Части 2 как характерные для ВЧФЗ, выбраны два комплекса. Первый комплекс взаимосвязанных видов морепользования, направленный преимущественно на удовлетворение физических потребностей человека,

¹⁾ Согласно «Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России (2001)» выделены четыре группы жизнеобеспечивающих функций биологического разнообразия, где понимание жизнеобеспечивающих функций близко к понятию экосистемных услуг: ((1) регулятивные функции, (2) средообразующая функция, (3) продукционная функция, (4) информационная и духовно-эстетическая функции). Также в стратегии указано, что около 20% территории России испытали существенное влияние хозяйства, но расположенные на них экосистемы, будучи частично редуцированными, вполне сохранили жизнеспособность и ассимиляционный потенциал, необходимый для компенсации современного уровня антропогенных воздействий. Данное указание распространяется и на ВЧФЗ.

включает в себя: (1) традиционную энергетику, (2) судоходство (в том числе создание и эксплуатация портовой инфраструктуры), (3) создание и поддержание защитных гидротехнических сооружений, (4) масштабную гидротехническую деятельность, фактически связанную с обеспечением (1-3), выражающуюся в перемещении донных отложений (дреджинг), изменении береговой линии, возведении и эксплуатации конструкций; (5) рыболовство и аквакультуру. Второй, формально направленный на удовлетворение информационных, эстетических, духовных потребностей людей (Глава 3), включает три: (6) рекреация, (7) охрана природы, (8) научные исследования, также, в конечном итоге, обеспечивает физическое существование и конкретного человека и устойчивое существование социальной компоненты социосистемы (в понимании Национальной стратегии..., 2001). Такой вид морепользования как (6) обладает наиболее очевидной двойной направленностью.

*Совокупными последствиями разнопланового морепользования по видам (1-6) являются трансформация местообитаний в целом, снятие географических и экологических барьеров для расселения, безвозвратное изъятие биомассы и избыточная продукция различных элементов биоты. Как следствие меняется структурное и функциональное биологическое разнообразие существенной (или локально) части акватории и побережий, что ведёт к перераспределению потоков энергии, даже на примере оценок функционирования лишь одного вида-средообразователя (рисунок 5.10Б). В ряде случаев последствия функционирования приводят к ухудшению условий и затруднению осуществления отдельных видов морской деятельности на фоне других проблем. Среди зарегистрированных проблем – **термификация и изменение гидродинамики водных масс, загрязнение водной толщи взвешенным веществом**, изменения стехиометрических соотношений концентрации биогенных веществ в водной толще, другие физические и химические нарушения местообитаний, **появление техногенных местообитаний, эвтрофикация**, потеря рыбохозяйственно важных участков, натурализация и **расселение эврибионтных чужеродных видов различных функциональных групп**.*

3. Модельные виды услуг и издержек

3.1. Услуги

Из «*обеспечивающих*» (Provisioning) услуг, формирование которых определяется протеканием продукционных и деструкционных процессов,

выбрана [1] *способность экосистемы формировать рыбопродуктивность*. Наиболее важной группой услуг для всех пользователей и бенефициаров, являются «регулирующие» (Regulation & Maintenance) и «*поддерживающие*» (или услуги среды обитания) (habitat services), или «средообразующие услуги» (Лебедев, 2011), от которых зависит *сохранение других экосистемных услуг* (Millennium..., 2005; ТЕЕВ, 2010; CICES, 2013). Из числа поддерживающих выбраны наиболее универсальные, касающиеся в разной степени всех бенефициаров – участников модельных видов морепользования. Это [2] *обеспечение формирования воды должного качества* и [3] *сохранение биоразнообразия прибрежных акваторий*. Из числа услуг, поддерживающих информационные, духовные и эстетические потребности человека, отвечающие видам морепользования (6-8) («*культурные*» услуги) выбрано [4] *сохранение целостности и эстетической ценности ландшафтов*. По мере исследования воздействий, сопровождающихся выбросами углерод-содержащих соединений и функционирования ассоциаций первого трофического уровня, возможно включение в перечень такого регулирующего условия как связывание CO₂ [5].

3.2. *Модельные виды издержек*

Среди модельных видов издержек необходимо отметить:

{1} *формирование источников биопомехи и биоповреждения* (раздел 9.3);

{2} *формирование очагов расселения патогенных микроорганизмов* (там же) в связи с созданием техноэкосистем, трансформацией естественных местообитаний и снятием географических барьеров;

{3} *избыточная продукция организмов первого трофического уровня* (макроводорослей (рисунок 5.7) и цианопрокариот (рисунок 5.8)), связанная с эвтрофикацией и изменениями, указанными выше, которая, однако, может рассматриваться и как компонента [5].

Разделение услуг на типы (Глава 3) достаточно условно, тем более, что практически все они формируются или поддерживаются одним и тем же *набором функций различных живых (ключевых) элементов экосистемы*, равно как *теми же процессами определяются и модельные виды издержек*, возникающих *как отклик биоты* при осуществлении деятельности способами, приводящими прямо или косвенно к нарушению местообитаний (или, напротив, к созданию новых местообитаний) и исходной структуры биотической компоненты экосистемы.

4. Географические участки и объекты исследований

Чтобы произвести оценку услуги необходимо определить конкретные места её извлечения бенефициарами (Syrbe, Walz, 2012), учесть территориальную неравномерность распределения услуги, связанную с неравномерностью распределения её биологических источников и воздействий, определяющих условия их (источников) функционирования. Определив распределение количественных показателей источников, области пользования экосистемными услугами, характер использования ландшафта бенефициарами, можно произвести возможно точную их экономическую оценку (Tsubulnikova, 2010).

4.1. Участки прибрежной зоны ВЧФЗ

Исходя из природных особенностей и характера морепользования (Часть 2), целесообразно осуществлять натурные наблюдения и информационно-аналитические работы на нескольких *модельных* и *референтных*, по возможности сходной протяженности, участках единого водного объекта, либо на водных объектах сходного типа, для исследования и потенциала формирования выбранных обеспечивающих, поддерживающих и культурных услуг и формирования издержек. Выбранные по итогам работ участки все вместе *формируют развивающуюся единую сеть наблюдений высокого разрешения* (рисунок 2.5), расположенную преимущественно на южном берегу ВЧФЗ и административно охватывающую Кингисеппский и Ломоносовский районы Ленинградской области, в 2025 г. и Петродворцовый район г. Санкт-Петербург. Учитывая пляжи по берегам залива в пределах городских акваторий (Раздел. 6.6) предполагается включение части акваторий Курортного района Санкт-Петербурга (северный берег залива).

Модельные участки в пределах данной сети выбраны исходя из максимальной предполагаемой или регистрируемой проявленности разнонаправленных и синергистических видов воздействий на залив в результате вовлечённости в различные виды деятельности, в том числе вступающих в конфликт, и контрастов, обеспеченных природными особенностями, интересом к этим участкам общественности. *Референтные участки*, соответственно, характеризуются меньшей вовлечённостью в морепользование в силу либо их труднодоступности, либо в силу соблюдения ограничений доступа населения и запрета на осуществление отдельных видов деятельности, в том числе из-за природоохранного, портового или пограничного режима. На обоих типах

участков имеются сходные наборы биотопов (см. сноску ²⁾ на с. 406) (местообитаний и самих популяций ключевых биологических объектов – источников экосистемных услуг и издержек в их неразрывной связи), что придаёт им определенную исходную ландшафтную равнозначность (Глава 7) при выявлении различий в формировании услуг и издержек.

Перечень модельных участков:

– прибрежная зона южного берега Лужской и Копорской Губы в районе расположения транспортно-логистического и ядерного кластеров Ленинградской области, где представлены все основные группы морепользователей (бенефициаров), проживает существенная часть населения Ленинградской области и зарегистрированы результаты воздействия разноплановой деятельности на состояние побережий и акваторий, где структурные характеристики биоты существенно отличаются от таковых на других акваториях, расположенных на аналогичных участках основного градиента ВЧФЗ – соленостного; где наиболее вероятно и формирование источников всех модельных экосистемных издержек {1-3};

– район КЗС, расположен в пресноводно-олигогалинной части залива, в том числе на акватории техногенной лагуны – Невской Губы;

– рыбохозяйственные водотоки Копорской и Лужской Губы;

– искусственные каналы Копорской Губы с различным термическим режимом;

– система прудов парка Победы (Московский р-н г. Санкт-Петербург), представляющая собой в том числе (согласно Национальная стратегия..., 2001) особую категорию ландшафтов, а именно, культурных «воплощающих условия гармоничного взаимодействия человека и природы (сады и парки, традиционные сельские ландшафты, территории экологически устойчивого природопользования коренных малочисленных народов России, исторически ценные водоканальные системы».

Референтные участки:

– прибрежная зона Лужской Губы на запад от устья р. Выбья и далее через Кургальский риф в Нарвском заливе до р. Нарва, характеризующихся действием административных, в том числе природоохранных, ограничений;

– прибрежная зона мелководного района от. Пос. Красная Горка до м. Устинский;

– Липовская протока.

4.2. Географические объекты в пределах каждого участка

Участки подразделяются на более мелкие пространственные единицы. В качестве минимальной пространственной природной единицы для базовой оценки услуги/издержки, формируемой в квазиестественной бентали водоёма (донными сообществами и донными частями метапопуляций гетеротопных ключевых видов) используется биотоп². Пространственная единица может включать в себя группу биотопов – например система технического водоснабжения объекта энергетики, представляющая собой континуум взаимосвязанных естественных (акватория, водные потоки) и техногенных (поверхности оборудования) биотопов – техноэкосистему, а также субъекты – реципиенты услуги или объекты защиты от проявления экосистемных издержек (например, подвижной состав, инфраструктура водного транспорта).

5. Ключевые биологические объекты натуральных наблюдений в 2024-2026 гг. для расчётов функциональных характеристик сообществ и оценки экосистемных услуг и издержек

Современное состояние основных элементов биоты – сообществ и экологических группировок трёх трофических уровней и отдельных видов из числа эдификаторов (средообразователи, *habitat engineering species*), напрямую (как источники) или косвенно (через пищевые сети и потоки вещества и энергии, воздействующие на источники) участвующие в формировании услуг и издержек, описаны в части 3 (Главы 8-11), источники издержек в разделе 9.3 и Главе 12.

Ниже ключевые биологические объекты сгруппированы в соответствии с перечнем выбранных видов услуг [1-4] и издержек {1-3} (см. п. 3 Заключения).

5.1. Способность экосистемы формировать рыбопродуктивность [1]

Ежегодным натурным наблюдениям – путем прямых ихтиологических обследований прибрежной части акватории (при наличии доступа), информационно-аналитических исследований субъектов рыболовства и анализа информации, предоставляемой органами «Росрыболовства» по запросам (см. Часть 4) подлежат **источники формирования** данной услуги – **промысловые**

² **биотоп**: отдельные участки дна или суши со сходными условиями: геологическими (рельеф, тип осадочного/почвенного покрова и т. д.), физико-химическими (гидродинамика, условия освещенности, влажность, температурный и соленостный режимы, и т. д.), обеспечивающими развитие на них определенных, присущих именно этим участкам, группировок живых организмов, сами группировки живых организмов в их неразрывной связи с абиотической составляющей данного пространства. Может употребляться в качестве синонима понятию «местообитание» (*habitat*).

виды рыб, оценка количественного развития (численность и биомасса – см. Глава 2 «Требования к данным») прибрежного рыбного населения на рыбохозяйственно значимых участках – нерестовых и нагульных угодьях.

Вторым значимым ключевым биологическим объектом выбраны морские млекопитающие (кольчатая нерпа и серый тюлень), оказывающие влияние на промысловые ресурсы залива как *закрывающее звено трофической цепи* непосредственно на величину «чистой» промысловой рыбопродуктивности залива (net production, результирующая скоростей прироста биомассы промысловых рыб и скоростей её потребления).

Третьим значимым ключевым объектом является популяция массового вселенца из числа чужеродных рыб – бычка-цуцка, способного *регулировать рыбные запасы видов с донной икрой*, использующих прибрежные нерестилища, через выедание икры и молоди рыб.

5.2. Обеспечение формирования воды должного качества [2] для различных групп потребителей

В составе этой комплексной услуги предполагается исследовать (1) состав, количественное развитие и функционирование *биофильтрационного пояса* залива, формируемого экологическими группировками водных беспозвоночных с фильтрационным типом питания (Рис. 5.10), основные функциональные параметры которых – скорости фильтрации, седиментации (через фекалии и псевдофекалии) и ассимиляции взвешенного вещества; (2) количественное развитие и функционирование популяции видов-условных «деэвтрофикаторов», *регулирующих газовый режим придонного слоя воды и стехиометрические отношения* биогенов водной толщи и, таким образом состав первичных продуцентов планктона; (3) площадь и динамику состава и количественных характеристик прибрежной растительности – важного компонента системы самоочищения водоемов. Данные объекты включают в себя и источники экосистемных издержек – популяции быстрорастущих таксонов нитчатых водорослей, планктонных и донных цианопрокариот, вызывающих цветение воды и массовое распространение цианопрокариотных корковых образований; малоисследованные микроорганизмы, включая биодеструкторы и патогены; обрастателей из числа водных беспозвоночных. Это предполагает одномоментное исследование одних и тех же ключевых видов и как источники

услуг и как мишени защиты от издержек с определением стоимости защиты³.

Ключевые виды и экологические группировки, обеспечивающие функционирование биофильтрационного пояса (1):

– на акватории залива в пределах олигогалинной зоны и в искусственных водотоках – в функционирование донной части биофильтрационного пояса наиболее значительный вклад предполагается со стороны двустворчатых моллюсков-обрастателей сем. Dreissenidae (*Dreissena polymorpha*, *Mytilopsis leucophaeata*), двустворчатого зарывающегося моллюска сем. *Macridae Rangia cuneata*, усонного рачка-обрастателя *Amphibalanus improvisus*; в функционирование пелагической части – со стороны микрофильтраторов (коловраточного зоопланктона и меропланктона) фильтраторов (нехищного рачкового планктона).

– в естественных водотоках и техногенной лагуне – Невской Губе будут исследованы поселения аборигенных двустворчатых моллюсков сем. Unionidae, соответствующие функциональные группы зоопланктона.

Ключевые виды и экологические группировки, регулирующие газовый режим и стехиометрические соотношения в водной толще (2);

– многощетинковые черви сем. Spionidae рода *Marenzelleria* (1);

– вышеупомянутые двустворчатые моллюски и усонogie рачки.

Прибрежная погруженная и полупогруженная растительность как компонент системы самоочищения водоема (3):

– доминирующие виды и ассоциации погруженной и полупогруженной растительности (цветковые растения и макроводоросли).

5.3. Сохранение биоразнообразия прибрежных акваторий [3]

Основным предметом исследований биоты является таксономический и функциональный состав экологических группировок, рассматриваемых в качестве ключевых, при этом особое внимание будет уделяться раннему выявлению новых – чужеродных и криптических элементов, динамике их расселения для оценки условий формирования «культурных» услуг (см. 5.4).

³ Вопрос стоимости защиты от обрастания для отечественных объектов – естественных и технических не исследован. По некоторым оценкам (Pimentel et al., 2002) стоимость борьбы с заселением технических объектов только одним видом обрастателя – дрейссеной составили в 1980-1990 ориентировочно около \$30 млрд в год, что сопоставимо со стоимостью защиты урожая от вредителей.

5.4. Сохранение целостности и эстетической ценности ландшафтов [4]

Данная услуга может быть оценена путем картирования расчётных показателей устойчивости-восприимчивости референтных участков к экспансии нежелательных биологических элементов, способных существенно менять состояние абиотической составляющих подводных биотопов, состояние берегов, используемых бенефициарами культурных услуг, планирования природоохранной и всех прочих модельных видов деятельности.

5.5. Формирование биопомех и биоповреждений {1}

Ключевые биологические объекты и состав биологических мишеней для планирования защиты от данного вида издержек биологического происхождения рассмотрены и систематизированы в табличном виде в разделе 9.3.

Основное направление исследований источников биопомех, связанных с развитием обрастания – выявление расселительного потенциала популяций обрастателей путем сравнения численности расселительных (личиночных и покоящихся) стадий с критическими значениями (разделы 9.1 и 9.3) численности (плотности популяции), гарантирующими формирование обрастания и наносов на оборудовании объекта.

Ввиду слабой изученности источников биоповреждений потребуются проведение отдельного исследования с использованием молекулярно-генетических методов для оценки общего разнообразия (таксономического и функционального) микробиоты залива и связанных с ним технических объектов (техноэкосистем) в дополнение к апробированной экспресс-методике (Глава 12).

5.6. Формирование очагов расселения патогенных микроорганизмов {2}

На 2 и 3 этапе выполнения проекта ключевыми экологическими группировками являются биоплёнка, формируемая на поверхностях участков технических объектов в зоне подогрева и микробиота донных отложений на акваториях вблизи таких объектов, которую предполагается исследовать экспресс-методами и методами молекулярной биологии (см. 5.5 в части источников биоповреждений).

5.7. Избыточная продукция организмов первого трофического уровня {3}

Ключевыми биологическими объектами выбраны нитчатые водоросли рода *Cladophora* (количественное развитие и его динамика, продукция), цианопрокарриотная составляющая фитопланктона (оцениваемая по соотношению основных фитосинтетических пигментов).

6. Пространственная оценка услуг и издержек с помощью биологических показателей

В данном пункте комментарии даны для двух услуг (обеспечивающей и поддерживающей) и для одной издержки (формирование биообрастания). Для оценки культурных услуг предлагается адаптировать к ВЧФЗ одну из апробированных систем (Розенберг, 2009, 2012).

6.1. Способность экосистемы формировать рыбопродуктивность

Для обеспечивающей услуги – *способность экосистемы формировать рыбопродуктивность* – пространственную оценку предполагается производить с помощью четырех категорий данных:

– первичных количественных – численности (плотности) и биомассы – результата непосредственных наблюдений, отнесённых к единице площади биотопа (участка) (экз/м², кг/м²);

– расчётных функциональных – потенциальной промысловой продукции за период времени, отнесённой к площади биотопа (участка) с учётом изъятия консументами – хищниками (кг/м² или ц/га; ккал/м²);

– величин, полученным по ведомственным запросам и в результате информационно-аналитических исследований (с размерностью, принятой в ведомстве, субъекте, предоставляющем информацию).

Вторая и третья категории используются в том числе для оценки степени использования природных ресурсов, формирующих услугу.

6.2. Обеспечение формирования воды должного качества

Среди основных характеристик для оценки поддерживающей услуги комплексного характера – *обеспечение формирования воды должного качества* можно отметить следующие:

– *Исходные*: в дополнение к первичным количественным, относящимся к ключевым видам (численность и биомасса (либо только биомасса в случае макроводорослей) используются и количественные характеристики биотопа – абиотические – гидрооптические условия, оцениваемые по глубине прозрачности, измеренной с помощью диска Секки (м);

– *Интегральная величина*, выражением которой служит местоположение нижней границы распределения растительного перифитона (для соответствующих биотопов) (HELCOM eutrophication CORE indicators (HELCOM, 2009) - <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/eutrophication/eutrophication-core-indicators/>);

– *Расчётные функциональные величины* для компонентов биофильтрационного пояса, сформированного водными беспозвоночными: помимо продукции учитываются показатели, составляющие и другие компоненты энергетического баланса популяции (Винберг, 1968; Алимов, 1981) и отражающие её вклад в формирование потоков вещества: скорость извлечения взвеси из водной толщи и седиментация взвеси в двух формах (аглоutinантов – псевдофекалий и фекалий), в разной степени подверженных ресуспензии и возврату в водную толщу, скорость ассимиляции и, соответственно накопления биомассы в популяции, и обеспечение расселительного потенциала;

– *Функциональной величиной для компонентов зарослей погруженной и полупогруженной растительности* как системы очищения водоемов является чистая продукция, оцененная для сосудистых растений по величине максимальной биомассы за период наблюдений, отнесенной к площади биотопа.

6.3. Формирование источников биопомехи и биоповреждения

Основная характеристика биоты для оценки издержки – формирование источников биопомехи и биоповреждения – определение риска и возможной периодичности формирования обрастания техногенных объектов. *Основной характеристикой* служит численность расселительных планктонных стадий конкретного вида и её динамика в течение сезона размножения и раннего развития вида (см. раздел 9.3) в объёме воды (экз./м³), соотнесённая с критической численностью в 1000 экз./м³.

Сводка характеристик и возможных составляющих программы предупреждения или устранения последствий развития каждой составляющей для возможных вариантов формирования технического обрастания и как материал для последующих экономических расчетов имеется в завершающей раздел 9.3 таблице.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. Л., Наука, 1981.
- Винберг Г.Г. Методы определения продукции водных животных. Минск, «Высшая школа», 1968.
- Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. М., 2001. 76 с.
- Розенберг А.Г. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. - Тольятти: ИЭВБ РАН; Кассандра, 2009. - 477 с.
- Розенберг А.Г. Оценка экосистемных услуг для территории Самарской области // Актуальные проблемы экономики и права - 2012. - № 3. - С. 145-149. 3.4.5.
- Pimentel D., Lach L., Zuniga R., Morrison D. 2002 Environmental and economic costs of

nonindigenous species in the United States. *Bioscience*, 53(1): 53-66.

Syrbe R.U., Walz U. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics // *Ecological Indicators*. -2012. - № 21. - P. 80-88.

Tsibulnikova M. Economic estimations in using of the landscapes planning // Int. Conf. «Forest Landscapes and Global Change-New Frontiers in Management, Conservation and Restoration», September 21-27, 2010. - Braga, Portugal, 2010. - P. 323-328.

АВТОРЫ МОНОГРАФИИ

- Анохин Владимир Михайлович.** Институт озераведения РАН, обособленное подразделение ФГБУН Санкт-Петербургский федеральный исследовательской центр РАН Санкт-Петербург, Россия
- Беллендир Л.Э.** АО Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева («ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева») Санкт-Петербург, Россия
- Беляева Ирина Дмитриевна** АО Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева («ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева») Санкт-Петербург
- Быстрова Наталия Юрьевна.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Веревкин Михаил Владимирович.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Власов Дмитрий Юрьевич** Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук (БИН РАН), Санкт-Петербург
- Войта Леонид Леонидович** ФГБУН Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Говорухин Валерий Павлович** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Дудакова Дина Сергеевна.** Институт озераведения РАН, обособленное подразделение ФГБУН Санкт-Петербургский федеральный исследовательской центр РАН Санкт-Петербург, Россия
- Жакова Любовь Васильевна** ФГБУН Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Замышляев Виталий Иванович** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия. ФГБУ Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, Россия
- Ильина Наталья Николаевна.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Кляус Константин Михайлович** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Котельникова Валентина Сергеевна** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Кузьмин Василий Васильевич** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Кулешов Антон Анатольевич** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Ланге Евгения Кирилловна** Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
- Леонтьев Филипп Александрович** Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. П.А. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

- Лятун Марина Владимировна** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Нестерчук Александр Ананьевич.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Орлова Марина Ивановна.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Пожарская Олеся Дмитриевна.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Рыбакин Владимир Николаевич** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Скачкова Светлана Александровна.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Строгова Елена Владимировна.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Сухачева Леонтина Леонидовна.** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Упоров Владислав Михайлович** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Успенский Антон Александрович** ФГБУН Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия
- Хайтов Вадим Михайлович** Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных. Эколого-биологический центр «Крестовский остров»
- Царовцева Инга Маратовна** АО Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева («ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева») Санкт-Петербург

АННОТАЦИИ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА/SUMMARIES AND KEY WORDS

УДК 030.502/504

ГЛАВА 1 Разработка понятийного аппарата проекта. Глава содержит описание **Приложения** к монографии (Книга 2), которое можно рассматривать как первую редакцию многоязычного иллюстрированного перечня терминологии, разработанного в ходе выполнения серии междисциплинарных научно-исследовательских проектов, включая данный, нацеленных на разностороннюю оценку влияния различных видов морской деятельности и антропогенных нагрузок – по отдельности или в сочетании, на подводные и прибрежные биотопы, состав и функционирование ключевых элементов биоты, оценку экосистемных услуг и издержек, присущих экосистеме восточной части Финского залива. Перечень предназначен для широкого круга читателей – от общественности и научно-образовательного сообщества, до лиц, принимающих решения, представителей различных секторов экономики и обороны. Предполагается дальнейшее его развитие в качестве самостоятельного издания с учётом обратной связи от читателей. *Орлова М. И., Котельникова В. С., Пожарская О. Д.*

Ключевые слова: терминология междисциплинарного подхода, информационная поддержка природопользования, трансграничный водоем, науки о жизни, науки о Земле, экономические и социальные аспекты природопользования, прибрежная зона, подводные ландшафты, Финский залив

Chapter 1 Development of the conceptual apparatus of the project. This section describes the Appendix to the Monograph (Volume 2), the first edition of a multilingual illustrated list of terminology developed during a series of interdisciplinary research projects, including this one, aimed at comprehensively assessing the impact of various types of marine activities and anthropogenic pressures – individually or in combination on underwater and coastal biotopes, composition and functioning of key elements of biota, assessment of ecosystem services and costs inherent in the ecosystem of the eastern part of the Gulf of Finland. The application is intended for a wide range of readers - from the public and the scientific and educational community, to decision makers, representatives of various sectors of the economy and defense. It is expected that it will be further developed as an independent publication. *Orlova M. I., Kotelnikova V. S., Pozharskaya O. D.*

Key words: terminology of an interdisciplinary approach, information support for environmental management, transboundary water body, Life sciences, Earth sciences, economic and social aspects of environmental management, coastal zone, underwater landscapes, Gulf of Finland.

УДК 502.2.05

ГЛАВА 2 Основные составляющие и актуализация интегративного подхода к сбору биологических и сопутствующих данных в полевых условиях и при исследовании хозяйствующих субъектов. Подход предназначен для сбора, хранения и систематизации данных натурных наблюдений (фактографические данные) за состоянием окружающей среды, включая техногенную, и наиболее важных биотических элементов прибрежной экосистемы восточной части Финского залива с точки зрения её функционирования и, как следствие, формирования услуг и издержек для различных групп бенефициаров (морепользователей).

Описание дано по состоянию на 2023 год. Первичная разработка была создана при выполнении научно-исследовательских проектов приграничного и трехстороннего сотрудничества в регионе Финского залива, её основным принципом остается принцип сочетанного применения методов различных дисциплин, предметом изучения которых являются естественные экосистемы и техноэкосистемы. В 2023 г. в логическую схему подхода включены и хозяйствующие субъекты различных типов как объект исследования. Основное требование к получаемым фактографическим данным (натурные наблюдения) и информации (исследования хозяйствующих субъектов) – пригодность для использования в наполнении баз данных и геоинформационных систем, для визуализации и обработки с использованием ГИС и других современных технологий. Подход может быть применён для развития системы экологического мониторинга и выполнения многолетних научно-исследовательских наблюдений в целях предметного планирования природопользования и своевременного выявления угроз биологического происхождения, связанных с использованием природных ресурсов, приводящих к последующим трансформациям экосистем. **Орлова М. И., Строгова Е. В., Сухачева Л. Л., Леонтьев Ф. А., Дудакова Д. С.**

Ключевые слова: контактные и неинвазивные методы, географическое позиционирование, ГИС-картирование, природные ресурсы, информационная поддержка морского пространственного планирования, экологический мониторинг, натурные наблюдения, испытания, эксперименты, расчёт функциональных параметров элементов биоты, информационно-аналитические опросы.

Chapter 2 Main constituents and update of an integrative approach to collection of biological and related data in field conditions and when researching economic entities. The approach is aimed to collecting, storing and systematizing field observation data (factual data) on the state of the environment, including technogenic, and the most important biotic elements of the coastal ecosystem of the eastern part of the Gulf of Finland from the point of view of its functioning and, as a consequence, the formation of services and costs for various beneficiary groups (sea users). The description is given as of 2023. The primary development was created during the implementation of research projects of cross-border, and trilateral cooperation in the Gulf of Finland region; its main principle remains the principle of the combined application of methods from various disciplines, the subject of study of which are natural ecosystems and technoecosystems. Since the 2023, the logical scheme of the approach will include economic entities of various types as the object of research. The main requirement for the obtained factual data (field observations) and information (research of business entities) is suitability for use in filling databases and geographic information systems, for visualization and processing using GIS and other modern technologies. The approach can be applied to develop an environmental monitoring system and carry out long-term research observations for the purpose of substantive planning of environmental management and timely identification of threats of biological origin associated with the use of natural resources, leading to subsequent transformations of ecosystems. **Orlova M. I., Strogova E. V., Sukhacheva L. L., Leontyev F. A., Dudakova D. S.**

Key words: contact and non-invasive methods, geographic positioning, GIS mapping, natural resources, information support for marine spatial planning, environmental monitoring, field observations, tests, experiments, calculation of functional parameters of biota elements, information and analytical surveys.

УДК 504.338

ГЛАВА 3 Основные подходы к оценке услуг и издержек экосистем, оценки экономического прогресса концепции природного капитала. Изложены основные подходы к оценке услуг и издержек экосистем, применительно к морскому природопользованию и формированию концепции природного капитала. Развитие теоретических и концептуальных эколого-экономических исследований показало дальнейшее доминирование эксплуатационной составляющей ресурсопользования, что потребовало модификации исследовательских подходов в современных условиях. К особенностям оценки экосистемных услуг моря следует отнести зависимость от международной составляющей ресурсопотребления. На основе анализа приведенного зарубежного опыта оценки экосистемных услуг сделан вывод о детализации разработки концепции системы мониторинга, отвечающего требованиям сохранения Восточной части Балтийского моря. Также результаты анализа зарубежного и отечественного опыта оценки морских экосистемных услуг свидетельствуют об отсутствии методологии экосистемного подхода, учитывающего все звенья процесса формирования и использования услуг. Для оценки состояния и динамики требуется разработка системы мониторинга с формированием системы сбора и учета показателей и индикаторов оценки морских экосистемных услуг, учитывающая международные аспекты воздействия и учета. *Скачкова С. А.*

Ключевые слова: морские экосистемные услуги, методы оценки услуг и издержек экосистем, зарубежный опыт оценки, примеры оценки морских экосистемных услуг

Chapter 3 Basic approaches to the assessment of ecosystem services and costs, assessment of economic progress of the concept of natural capital. The main approaches to the assessment of ecosystem services and costs in relation to marine environmental management and the formation of the concept of natural capital are presented. The development of theoretical and conceptual ecological and economic research has shown the further dominance of the operational component of resource management, which required modification of research approaches in modern conditions. The dependence on the international component of resource consumption should be attributed to the peculiarities of the assessment of ecosystem services of the sea. Based on the analysis of the above-mentioned foreign experience in assessing ecosystem services, it is concluded that the detailed development of the concept of a monitoring system that meets the conservation requirements of the Eastern part of the eastern part of the Baltic Sea. The results of the analysis of foreign and domestic experience in assessing marine ecosystem services have also indicated the absence of an ecosystem approach methodology that takes into account all links in the process of formation and use of services. To assess the state and dynamics, it is necessary to develop a monitoring system with the formation of a system for collecting and recording indicators for assessing marine ecosystem services, taking into account international aspects of impact and accounting. *Skachkova S. A.*

Key words: marine ecosystem services, methods for assessing ecosystem services and costs, foreign assessment experience, examples of the assessment of marine ecosystem services.

УДК 502.2.08

ГЛАВА 4 Алгоритм оценки целевой антиобрастательной эффективности и экологичности защитных покрытий при проведении тестирования и испытаний в водной среде. В главе обобщены сведения по апробации, ранее разработанного

двухступенчатого (сочетающего последовательно лабораторные и полевые исследования) подхода к проведению отборочного (первичного) тестирования инновационных лакокрасочных покрытий для защиты поверхностей от биообрастания в водной среде. Двухступенчатый характер подхода связан с требованием экологичности к таким покрытиям. Для количественной сравнительной оценки как целевой (защитной) эффективности, так и экологичности было необходимо разработать соответствующие показатели, для расчёта которых используются результаты лабораторной составляющей тестирования. В качестве примера для демонстрации впервые разработанного алгоритма расчёта индивидуальной и общей динамической биоцидной эффективности и экологичности в части специфичности воздействия, определения механизма защитного действия использованы фотодокументы и количественные результаты исследования (лабораторного и полевого) одной из биоцид-содержащей инновационной композиции (дана под шифром) и широко применяемой медь-содержащей композиции серии ХС. Описанные подход и алгоритмы могут быть использованы для смягчения последствий от издержек экосистем, связанных с расселением нежелательных видов на искусственных поверхностях гидротехнических сооружений ядерного и транспортно-логистических кластеров ВЧФЗ. *Строгова Е. В., Орлова М. И.*

Ключевые слова: лакокрасочные покрытия (ЛКП), биозащитные свойства, экологическая безопасность, биоцидный, биостатический, репеллентный эффекты, количественные показатели эффективности

Chapter 4 Algorithmus for assessing the targeted anti-fouling effectiveness and environmental friendly of protective coatings during testing and testing in the water environment. The chapter summarizes information on testing a previously developed two-stage (combining sequentially laboratory and field research) approach to conducting selection (primary) testing of innovative paint and varnish coatings to protect surfaces from biofouling in the aquatic environment. The two-stage nature of the approach is associated with the environmental requirements for such coatings. For a quantitative comparative assessment of both target (protective) effectiveness and environmental friendliness, it was necessary to develop appropriate indicators, for the calculation of which the results of the laboratory component of testing are used. As an example, to demonstrate the first developed algorithm for calculating individual and overall dynamic biocidal effectiveness and environmental friendliness in terms of the specificity of the effect, determining the mechanism of protective action, photographic documents and quantitative results of research (laboratory and field) of one of the biocide-containing innovative compositions (given under code) and widely used copper-containing compositions. The described approach and algorithms can be used to mitigate the consequences of ecosystem costs associated with the settlement of unwanted species on artificial surfaces of hydraulic structures of the nuclear and transport and logistics clusters of the EGOF. *Strogova E. V., Orlova M. I.*

Key words: paint and varnish coatings, bioprotective properties, environmental safety, biocidal, biostatic, repellent effects, quantitative indicators of effectiveness

УДК 551.46(26)

ГЛАВА 5 ВЧФЗ как природный объект и гетерогенное пространство для осуществления различных видов морепользования. Следствием молодого возраста и физико-географических особенностей ВЧФЗ является специфика очень «молодой» водной

биоты, отличительная черта которой – многочисленные лакуны в системе экологических лицензий, отсутствие эндемиков. Это сближает ВЧФЗ с экосистемами эстуарного типа, также молодых в геологическом отношении, которые предрасположены к быстрым трансформациям под влиянием внешних условий и нагрузок. Природный комплекс ВЧФЗ в его современном состоянии подвержен значительным антропогенным нагрузкам, сопровождающим многоплановую морскую и наземную деятельность, организованную на некоторых участках как «кластеры». ВЧФЗ функционирует в качестве внутри- и межконтинентального транспортного коридора; в значительной мере решена задача регулирования гидрологических событий в его вершине за счёт строительства и функционирования комплекса защитных сооружений. Воды залива испытывают на себе воздействие крупнейшего в СЗФО объекта энергетики - Ленинградской атомной станции; масштабные гидротехнические воздействия, связанные с созданием и эксплуатацией различных видов инфраструктурных объектов; все иные воздействия, идентифицированных как значимые для континентальных и морских вод. Закономерными откликами системы являются изменения абиотических условий разного масштаба и продолжительности, в том числе разрушительные. Значимыми откликами со стороны биоты являются: расселение чужеродных видов, вносящих значительный вклад в функционирование всей системы; преимущественное развитие отдельных аборигенных видов и штаммов планктонных организмов, например, цианобактерий, – т.е. процессов, определяющих проявление услуг и издержек современных морских и отдельных континентальных водных экосистем. Оценка эффектов человеческой деятельности и, как следствие трансформаций экосистемы залива – целевых и побочных – неоднозначна.

Orlova M. I.

Ключевые слова: природные особенности, морепользование, транспортно-логистический кластер, ядерный кластер, биоразнообразие и экосистемные услуги и издержки, эстуарная природа Финского залива, Балтийское море

Chapter 5 The EGOF as a natural object and heterogeneous space for various types of sea use. A consequence of the young age and physical-geographical features of the EGOF is the specificity of a very “young” aquatic biota, the distinctive feature of which is numerous gaps in the system of environmental licenses and the absence of endemics. This brings the EGOF closer to estuarine-type ecosystems, also young geologically, which are prone to rapid transformations under the influence of external conditions and loads. The natural complex of the EGOF in its current state is subject to significant anthropogenic loads accompanying multifaceted marine and land activities, organized in some areas as “clusters”. EGOF functions as an intra- and intercontinental transport corridor; the problem of regulating hydrological events at its peak has been largely solved through the construction and operation of a complex of protective structures. The waters of the bay are affected by the largest energy facility in the Northwestern Federal District - the Leningrad Nuclear Power Plant; large-scale hydraulic impacts associated with the creation and operation of various types of infrastructure facilities; all other impacts identified as significant for continental and marine waters. The natural responses of the system are changes in abiotic conditions of varying scales and durations, including destructive ones. Significant responses from the biota are: the spread of alien species that make a significant contribution to the functioning of the entire system; preferential development of individual native species and strains of planktonic organisms – i.e. processes that determine the manifestation of services and costs of modern marine and individual continental aquatic ecosystems.

The assessment of the effects of human activity and, as a consequence, transformations of the bay ecosystem – both targeted and by-productional – is ambiguous. *Orlova M. I.*

Key words: natural features, sea use, transport and logistics cluster, nuclear cluster, biodiversity and ecosystem services and costs, estuarine nature of the Gulf of Finland, Baltic Sea

УДК 504.064

ГЛАВА 6 Сводка по комплексному и специфическому антропогенному воздействию природопользования на окружающую среду в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

УДК 574.589

6.1 Исследование проблемы защиты Санкт-Петербурга от наводнений в условиях климатических изменений и различных видов антропогенных воздействий. В работе представлена историческая справка о наводнениях Санкт-Петербурга с момента образования города и по 1999 год, о площади затопляемой территории при самом высоком уровне воды в 1824 году, когда вода поднялась на 421 см. После очередного опасного уровня подъема воды в 1955 году руководство вернулось к подготовке и рассмотрению проектов для защиты города от наводнений. Так в 1979 году было получено разрешение на строительство Комплекса защитных сооружений и только в 2011 году его ввели в эксплуатацию. *Говорухин В. П., Замышляев В. И.*

Ключевые слова: Финский залив, наводнения, затопляемая территория, комплекс защитных сооружений, морской канал

6.1. Study of the problem of flood protection of St. Petersburg under conditions of climatic changes and different types of anthropogenic impacts. The paper provides a historical account of the floods in St. Petersburg from the city's formation to 1999, the area flooded at the highest water level in 1824, when the water rose by 421 cm. After another dangerous water level rise in 1955, the management returned to the preparation and consideration of projects to protect the city from flooding. In 1979, a construction permit was obtained for the Protective Structures Complex and it was not until 2011 that it was put into operation. *Govorukhin V. P., Zamyshlyayev V. I.*

Key words: The Gulf of Finland, floods, flooded area, Flood Prevention Facility Complex, sea channel

УДК 628.31

6.2 Оценка комплексного и специфического антропогенного воздействия на водную и атмосферную среду в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. В данном работе представлен обзор различных видов хозяйственной деятельности в районе Финского залива. Проанализированы материалы об объемах сброса сточных вод непосредственно в Финский залив и в бассейны рек и озер бассейна Финского залива. Приведена информация о загрязнении атмосферного воздуха, включая методику расчета загрязняющих веществ в выбросах от предприятий энергетики. *Ильина Н. Н., Кляус К. М., Пожарская О. Д., Упоров В. М.*

Ключевые слова: Финский залив, окружающая среда, антропогенное воздействие, сточные воды, морской порт, водный бассейн, энергетика

6.2 Assessment of complex and specific anthropogenic impact on water and atmospheric environment in St. Petersburg and Leningrad region. This paper provides an overview of the various economic activities in the Gulf of Finland area. Materials on wastewater discharges directly into the Gulf of Finland and into river and lake basins in the Gulf of Finland are analyzed. Information on air pollution is provided, including a methodology for calculating pollutants in emissions from energy enterprises. *Iilina N. N., Klyaus K. M., Pozharskaya O. D., Uporov V. M.*

Key words: The Gulf of Finland, environment, anthropogenic impact, wastewater, seaport, water basin, power engineering

УДК 656.61.052

6.3 Оценка воздействия на окружающую среду морских портов, расположенных на побережье Восточной части Финского залива. Описано антропогенное воздействие от строительства и эксплуатации морских портов в Финском заливе. Во время эксплуатации прибрежно – портовая инфраструктура развивается, что проявляется в непрерывном механическом воздействии на прибрежную акваторию. Осуществляются необходимые дноуглубительные работы, сопровождающиеся извлечением грунта, что оказывает локальное воздействие на состояние донных отложений и водной толщи. Большой порт Санкт-Петербург осуществляет компенсационные мероприятия, в частности, Северо-Западным бассейновым филиалом финансируются работы по выращиванию и выпуску рыбы. *Ильина Н. Н., Нестерчук А. А.*

Ключевые слова: Финский залив, морские порты, антропогенное воздействие, экологический контроль, мониторинг водных объектов

6.3 Environmental Impact Assessment of seaports located on the coast of the Eastern part of the Gulf of Finland. The anthropogenic impact from construction and operation of seaports in the Gulf of Finland is described. During operation the coastal-port infrastructure develops, which manifests itself in a continuous mechanical impact on the coastal water area. Necessary dredging works are carried out, accompanied by the removal of soil, which has a local impact on the state of bottom sediments and the water column. The Big Port of St. Petersburg carries out compensatory measures, in particular, the North-West Basin Branch finances fish farming and release activities. *Iilina N. N., Nesterchuk A. A.*

Key words: The Gulf of Finland, seaports, anthropogenic impact, ecological control, monitoring of water bioresources

УДК 502.55

6.4 Ядерный кластер южного берега ВЧФЗ: современное состояние, фокус внимания общественности, воздействие на окружающую среду. В разделе дана краткая характеристика состава основных хозяйственных и научно-технических объектов, расположенный в районе населённого пункта Сосновый Бор, как разноплановых воздействий ЛЕНАЭС на окружающую среду в процессе её эксплуатации, так и усилий, направленных на сохранение природных ресурсов Региона, выраженных в стоимости соответствующих затрат. *Орлова М. И.*

Ключевые слова: Копорская губа, атомная электростанция, энергетика, радионуклиды, экологический мониторинг, радиоэкологический мониторинг, эвтрофикация вод

6.4 The nuclear cluster of the southern coast of the EGOF: the current state, the focus of public attention, the impact on the environment. The section briefly characterizes the composition of the main economic and scientific and technical facilities located in the area of Sosnovy Bor settlement, both the diverse impacts of the nuclear power plant on the environment during its operation and the efforts aimed at preserving the natural resources of the Region, expressed in the value of the relevant costs. *Orlova M. I.*

Key words: Kопorskaya Bay, nuclear power plant, power engineering, radionuclides, environmental monitoring, radioecological monitoring, eutrophication of water

УДК 502.72

6.5 Деятельность, направленная на сохранение природных ресурсов Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Дана краткая характеристика охраняемым природным территориям, как точечным объектам охраны водных объектов бассейна Финского залива и реализации реформы по обращению с твердыми коммунальными отходами в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. *Пожарская О. Д., Быстрова Н. Ю.*

Ключевые слова: охраняемые природные территории, охраняемые водные объекты, исчезающие виды, реформа, твердые коммунальные отходы

6.5 Activities aimed at preserving natural resources of St. Petersburg and the Leningrad Region. A brief characteristic of protected natural areas as point objects of protection of water bodies of the Gulf of Finland basin and implementation of the reform on solid municipal waste management in St. Petersburg and the Leningrad region is given. *Pozharskaya O. D., Bystrova N. Yu.*

Key words: protected natural area, protected water bodies, endangered species, reform, municipal solid waste

УДК 628.4.02

6.6 Анализ планов развития города Санкт-Петербурга и Ленинградской области и оценка влияния их реализации на состояние водной среды акватории восточной части Финского залива. Рассматриваются градостроительные прогнозы Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Сколько составит численность населения в 2040 году, какой объем нового жилья планируется построить и сколько составит доля жилых зон. Транспортная инфраструктура и резерв мощностей источников электроснабжения, как важные факторы в развитии города и области. *Говорухин В. П., Ильина Н. Н.*

Ключевые слова: агломерация, градостроительство, инфраструктура, жилые зоны, комплексное развитие территории

6.6 Analysis of the development plans of the city of St. Petersburg and the Leningrad Region and assessment of the impact of their implementation on the aquatic environment in the eastern part of the Gulf of Finland. The urban planning forecasts of St. Petersburg and the Leningrad Region are considered. How much will be the population in 2040, how much new housing is planned to be built and how much will be the share of residential zones. Transportation infrastructure and power supply capacity reserve as important factors in the development of the city and the region. *Govorukhin V. P., Ilina N. N.*

Key words: agglomeration, urban development, infrastructure, residential zones, integrated development of the territory

УДК 551.46

ГЛАВА 7 Полевые исследования ландшафтов мелководья Финского залива с использованием эхолота с функцией локации бокового обзора HUMMINBIRD SOLIX 10 SI+G3. Представлены результаты исследований донных ландшафтов, проведенных с использованием эхолота с функцией локации бокового обзора и геологического пробоотбора донных отложений, на мелководье Финского залива в 2023 г. В результате проведенных эхолотных исследований отработана методика обработки эхограмм и создания мозаик ГЛБО. На примере одного из полигонов проведен анализ ландшафтной структуры участка и выделены предполагаемые фации, которые при последующих работах будут наполняться фактографическими географически привязанными биологическими данными, сведениями и техногенных объектах и использоваться как один из слоев при ГИС-картировании. При работе с картографическими материалами была построена предварительная ландшафтная картосхема на основании созданной цифровой модели с выделением предполагаемых ландшафтов акватории, в которой в качестве ключевых признаков, определяющих выделение ландшафтов, являются абиотические – геоморфологический и литологический. Проведена актуализация карты донных отложений южного побережья Финского залива с использованием результатов эхолотирования и пробоотбора. *Дудакова Д. С., Анохин В. М., Орлова М. И.*

Ключевые слова: акустические методы, картирование, подводные структуры и рельеф дна, фациальная структура ландшафта, донные отложения, геологическое строение

Chapter 7 Field studies of shallow water landscapes of the Gulf of Finland using a side-view echo sounder HUMMINBIRD SOLIX 10 SI+G3.

The results of studies of bottom landscapes carried out using an echo sounder with a side-scan location function and geological sampling of bottom sediments in the shallow waters of the Gulf of Finland in 2023 are presented. As a result of the echo sounder studies, a methodology for processing echograms and creating side-scan mosaics was developed. Using one of the polygons as an example, an analysis of the landscape structure of the site was carried out and proposed facies were identified, which in subsequent work will be filled with factual geographically referenced biological data, information and man-made objects and used as one of the layers in GIS mapping. When working with cartographic materials, a preliminary landscape map was constructed based on the created digital model, highlighting the proposed landscapes of the water area, in which the key features that determine the identification of landscapes are abiotic - geomorphological and lithological. The map of bottom sediments of the southern coast of the Gulf of Finland was updated with using the results of echo sounding and sampling. *Dudakova D. S., Anokhin V. M., Orlova M. I*

Key words: acoustic methods, mapping, underwater structures and bottom topography, facies structure of the landscape, bottom sediments, geological structure.

УДК 504.7

ГЛАВА 8 Полевые и экспериментальные исследования экологических группировок первого трофического уровня

Chapter 8 Field and experimental research of assemblages of the first trophic level

8.1 Характеристика фитопланктона солоноватоводной Липовской протоки (Финский залив, Балтийское море). Представлены впервые полученные данные о

фитопланктоне солоноватоводной Липовской протоки, полученные в весенне-летнем сезоне 2019 г. В протоке комплекс доминантов составляли те же сезонные виды альгофлоры, что и в восточной части Финского залива. Биомассу фитопланктона в разные сроки преимущественно формировали диатомовые, эвгленовые, динофитовые, и цианобактерии. Особенностью сезонной динамики фитопланктона в Липовской протоке стала массовая вегетация и доминирование в июле-августе потенциально токсичной динофлагелляты *Karlodinium veneficum*. Обнаружено два новых для восточной части Финского залива теплолюбивых виды-вселенца рода *Anabaenopsis* – *A. cf. circularis* и *A. cf. cunningtonii*. Сделан вывод, что в условиях изменения климата солоноватоводные объекты побережья Финского залива, находящиеся под влиянием морских вод, можно рассматривать в качестве места первичного вселения чужеродных видов альгофлоры. **Ланге Е. К.**

Ключевые слова: *Karlodinium veneficum*, инвазия *Anabaenopsis*, таксономический состав, доминанты, биомасса, фитопланктон, Липовская протока, Финский залив.

8.1 Characteristics of phytoplankton in the brackish-water Lipovsky Channel (Gulf of Finland, Baltic Sea). The data presented for the first time on the phytoplankton of the brackish-water Lipovskaya channel, obtained in the spring-summer season of 2019. In the channel, the complex of dominants consisted of the same seasonal species of algal flora as in the eastern part of the Gulf of Finland. Phytoplankton biomass at different times was mainly formed by diatoms, euglena, dinophytes, and cyanobacteria. A feature of the seasonal dynamics of phytoplankton in the Lipovskaya Channel was the massive vegetation and dominance in July-August of the potentially toxic dinoflagellate *Karlodinium veneficum*. Two new thermophilic invasive species of the genus *Anabaenopsis* were discovered for the eastern part of the Gulf of Finland - *A. cf. circularis* and *A. cf. cunningtonii*. It is concluded that in conditions of climate change, brackish water objects on the coast of the Gulf of Finland, under the influence of sea waters, can be considered as a place of primary invasion of alien species of algal flora. **Lange E. K.**

Key words: *Karlodinium veneficum*, *Anabaenopsis* invasion, taxonomic composition, dominants, biomass, phytoplankton, Lipovskaya Channel, Gulf of Finland.

УДК 581.526.325:574.52+621.311.25(261.245)

8.2 Влияние теплового загрязнения на показатели фитопланктона в зоне ЛАЭС в Копорской губе (Финский залив, Балтийское море). На исследованном участке Копорской губы обнаружено около 100 таксонов микроводорослей рангом ниже рода. Доминантный комплекс составили 24 таксона, из которых половина относилась к цианобактериям и диатомовым. Структура таксономического состава фитопланктона в целом и комплекса доминантов исследованного участка акватории губы была аналогична таковой в летне-раннеосеннем сезоне в районах восточной части Финского залива с соленостью ниже 3-4 ‰. Среди доминантов в природной воде встречена динофлагеллята *Jadwigia hiemalis*, привносимая в акваторию губы со стоком рек Коваши и Систа. Величина биомассы фитопланктона в зоне ЛЕНАЭС в Копорской губе (в среднем 1.28 г/м³) не вышла за пределы многолетних колебаний в данном районе Финского залива. После прохождения через систему охлаждения электростанции состав доминантного комплекса микроводорослей заметно менялся (коэффициент сходства 0.65), достоверных различий в количественных показателях фитопланктона в подводящем и отводном каналах не отмечено. **Ланге Е. К.**

Ключевые слова: тепловое загрязнение, таксономический состав, доминанты, биомасса, фитопланктон, ЛАЭС, Копорская губа, Финский залив.

8.2 Impact of thermal pollution on phytoplankton indicators of the lnpp zone in the Kопorskaya Bay (Gulf of Finland, Baltic Sea). In the studied area of Kопorskaya Bay, about 100 taxa of microalgae of lower genus rank were discovered. The dominant complex consisted of 24 taxa, half of which belonged to cyanobacteria and diatoms. The structure of the taxonomic composition of phytoplankton in general and the complex of dominants in the studied area of the bay water area was similar to that in the summer-early autumn season in areas of the eastern part of the Gulf of Finland with salinity below 3-4 ‰. Among the dominant species in natural water is the dinoflagellate *Jadwigia hiemalis*, which is brought into the water area of the bay with the runoff of the Kovashi and Sista rivers. The value of phytoplankton biomass in the LNPP zone in Kопorskaya Bay (on average 1.28 g/m³) did not exceed the limits of long-term fluctuations in this area of the Gulf of Finland. After passing through the cooling system of the power plant, the composition of the dominant microalgae complex changed noticeably (similarity coefficient 0.65); no significant differences in the quantitative indicators of phytoplankton in the inlet and outlet channels were noted. *Lange E. K.*

Key words: thermal pollution, taxonomic composition, dominants, biomass, phytoplankton, Leningrad NPP, Kопorskaya Bay, Gulf of Finland.

УДК 504.736

8.3 Водная и прибрежно-водная растительность южного берега восточной части Финского залива. В августе-сентябре 2019 г. выявлен состав флоры водной и воздушно-водной растительности южного берега Восточной части Финского залива, представленный 57 видами, из них 47 видов сосудистых растений, 9 видов макроводорослей и 1 вид мохообразных. В составе видов «водного ядра» встречено всего 37 видов макрофитов: 11 видов воздушно-водной растительности и 26 видов настоящих водных растений, из них 16 видов цветковых растений, 9 видов макроводорослей и 1 вид водных мхов. На исследованных станциях состав и распределение макрофитов имеют свои особенности и зависят в основном от грунтов, степени ветро-волнового воздействия в биотопе, солёности воды и антропогенного эвтрофирования. Максимальное видовое разнообразие, 19-29 видов макрофитов, было на станциях, расположенных вблизи широких бухтовых зарослей в пресноводной и осолонённой частях; минимальное разнообразие, 3-5 видов, – на прибойных мелководных широких песчаных пляжах и каменистых мысах с высокой антропогенной нагрузкой. Поскольку исследования проводились в период осенней вегетации, то видовое разнообразие и продуктивность зарослей в летний период должно быть выше. Самые высокие коэффициенты константности встречаемости видов и показатели обилия были у зелёной нитчатой водоросли кладофоры *Cladophora glomerata* и у высокотравного гелофита камыша *Schoenoplectus tabernaemontani*, самые продуктивные виды, встреченные в воде – камыш *S. tabernaemontani* и тростник *Phragmites australis*. Самая высокая суммарная продуктивность макрофитов отмечена в Невской губе в районе порта Бронка, самая низкая – на пляже в п. Лебяжий. *Жакова Л. В., Орлова М. И.*

Ключевые слова: макрофиты, водная флора, доминирующие виды, биомасса, Финский залив.

8.3 Aquatic and coastal vegetation of the south coast of the eastern part of the Gulf of Finland. In August-September 2019, the composition of the flora of aquatic and air-water vegetation of the southern coast of the Eastern part of the Gulf of Finland was revealed, represented by 57 species, of which 47 species of vascular plants, 9 species of macroalgae and 1 species of bryophytes. As part of the species of the “aquatic core”, only 37 species of macrophytes were found: 11 species of aerial-aquatic vegetation and 26 species of true aquatic plants, of which 16 species of flowering plants, 9 species of macroalgae and 1 species of aquatic mosses. At the studied stations, the composition and distribution of macrophytes have their own characteristics and depend mainly on the soil, the degree of wind-wave impact in the biotope, water salinity and anthropogenic eutrophication. The maximum species diversity, 19-29 species of macrophytes at the station, is confined to wide bay thickets in the freshwater and salty parts; minimal diversity, 3-5 species, on surf shallow wide sandy beaches and rocky capes with high anthropogenic load. Since the studies were carried out during the autumn growing season, the species diversity and productivity of the thickets should be higher in the summer. The highest coefficients of constancy of species occurrence and abundance indicators were in the green filamentous alga *Cladophora glomerata* and in the tall grass reed helophyte *Schoenoplectus tabernaemontani*; the most productive species found in water were the reed *S. tabernaemontani* and the reed *Phragmites australis*. The highest total productivity of macrophytes was noted in the Neva Bay in the area of the Bronka port, the lowest - on the beach in the village of Lebyazhy. *Zhakova L.V., Orlova M. I.*

Key words: macrophytes, aquatic flora, dominant species, biomass, Gulf of Finland.

УДК 502.51

8.4 Исследование методов защиты водоемов бассейна Финского залива с применением многоканальной ультразвуковой установки. В разделе представлено краткое описание исследуемого подхода к контролю цианобактериального цветения воды с использованием оригинальной модификации ультразвукового устройства в выбранных режимах воздействия, приведен пример воздействия ультразвука на численность культуры одного из видов цианопрокариот в лабораторных условиях. ***Рыбакин В. Н.***

Ключевые слова: цианопрокариоты, токсины, контроль массового развития, апробация в лабораторных и натуральных условиях, ультразвуковые установки

8.4 Research of methods for protecting water bodies in the Gulf of Finnish basin using a multichannel ultrasonic installation.

The section provides a brief description of the approach under study to the control of cyanobacterial water blooms using an original modification of an ultrasonic device in selected exposure modes, and an example of the effect of ultrasound on the population of a culture of one of the cyanoprokaryotic species in laboratory conditions. ***Rybakin V.N.***

Key words: cyanoprokaryotes, toxins, control of mass development, testing in laboratory and field conditions, ultrasonic installations

УДК 504.062.4

ГЛАВА 9 Экологические группировки донных беспозвоночных: расселительный потенциал, пространственное распределение, источники экосистемных услуг и издержек. В главе изложены результаты натуральных сезонных и ежегодных наблюдений за

состоянием новой устойчивой экологической группировки восточной части Финского залива – меропланктона, формирующегося здесь преимущественно под влиянием биологических инвазий водных беспозвоночных – средообразователей, обладающих морским жизненным циклом, доминирующих на части акватории в донных сообществах мягких грунтов и формирующих *de novo* сообщества обрастания в олигогалинных естественных условиях прибрежной зоны залива. Перифитон представляет в силу достаточного расселительного потенциала меропланктона также интерес как возможный источник биопомех для гидротехнических объектов, эксплуатируемых в восточной части Финского залива. С помощью методов многомерного анализа бентосных сообществ, описанных в 2019-2021 годах, обоснованы предположения о значимой связи бентосной биоты с глубиной (и сопутствующими факторами), составом донных отложений и неоднородностью их распределения. С помощью методов ГИС-моделирования получена визуальная информация о распределении количественных характеристик сообществ и оценок биоразнообразия бентоса. Полученные данные свидетельствуют о том, что имеющихся сведений о природных и антропогенных факторах недостаточно для интерпретации выявленной мезомасштабной неоднородности в распределении анализируемых показателей. Это требует дополнительных исследований. Под влиянием эксплуатации гидротехнических сооружений, в частности объектов энергетики, происходит существенная трансформация биоты водного объекта, которая вместе с гидротехническим сооружением образует единую техноэкосистему. Одним из откликов биоты на действие техногенного фактора является развитие источников биопомех, биоповреждений и специфических патогенов. В связи с тем, что перифитон восточной части Финского залива может быть потенциальным источником как биопомех, так и водных патогенов, связанных с техническими объектами, в главу включён научно-практический раздел, содержащий систематизированную табличную информацию о возможных мишенях мероприятий по защите конструкционных материалов и элементов оборудования гидротехнических объектов на примере одного из наиболее сложно организованных – атомной электростанции. **Орлова М. И., Строгова Е. В., Хайтов В. М., Котельникова В. С., Лятун М. В., Кузьмин В. В.**

Ключевые слова: меропланктон, бентос мягких грунтов, перифитон, чужеродные виды, ГИС-экстраполяция, метод главных компонент, пространственная гетерогенность источники биопомех, водные патогены, связанные с эксплуатацией технических объектов.

Chapter 9 Ecological groups of benthic invertebrates: dispersal potential, spatial distribution, sources of ecosystem services and costs. The chapter presents the results of field seasonal and annual observations of the state of a new stable ecological group in the eastern part of the Gulf of Finland - meroplankton, which is formed here mainly under the influence of biological invasions of aquatic invertebrates – habitat engineers possessing a marine life cycle, dominating part of the water area in the soft-bottom communities and forming *de novo* fouling communities in pristine oligohaline condition in coastal zone. Due to the sufficient dispersal potential of meroplankton, fouling is also of interest as a possible source of biohazards facilities operating in the eastern part of the Gulf of Finland. Using multivariate analysis methods of benthic communities described between 2019-2021, the significant relationship of benthic biota with depth (and related factors), bottom sediment composition, and the heterogeneity of it's distribution is supported. Visual information on the distribution of quantitative community characteristics and estimates of benthic biodiversity was

obtained using GIS modeling techniques. The data indicate that the available information on natural and anthropogenic factors is insufficient to interpret the mesoscale heterogeneity in the distribution of the analyzed indicators, necessitating further research. The operation of hydraulic structures, particularly power engineering facilities, significantly alters the biota of a water body, forming a single techno-ecosystem with the hydraulic structure. Under the influence of the operation of facilities, in particular energy facilities, there is a significant transformation of the biota of the reservoir, which together with the facility constitutes a holistic technoecosystem. One of the responses of biota to the action of a technogenic factor is the development of sources of biohazards, biodestructions and habitats for specific pathogens. Due to the fact that the periphyton of the eastern part of the Gulf of Finland can be a potential source of both biohazards and aquatic pathogens associated with technical objects, the chapter includes a scientific and practical section containing systematized tabular information on the possible targets of measures to protect constructive materials and elements of equipment of engineering facilities using the example of one of the most complexly organized ones - a nuclear power plant. *Orlova M.I., Strogova E.V., Khaitov V.M., Kotelnikova V.S., Lyatun M.V., Kuzmin V.V.*

Key words: meroplankton, soft-bottom benthos, periphyton, alien species, GIS extrapolation, principal component analyses, spatial heterogeneity, sources of biohazards, aquatic pathogens associated with the operation of technical facilities

УДК 504.062.4

ГЛАВА 10 Прибрежное рыбное население. Данная глава является сводкой, содержащей физико-географическое описание шести участков, наиболее значимых с точки зрения формирования ихтиоценозов прибрежной акватории Финского залива и оценку значения массовых видов рыб в формировании состава рыбного населения для каждого участка по показателям частоты встречаемости и обилия. Ряд сведений физико-географического характера, важных для рыбохозяйственной оценки и формирования обеспечивающих экосистемных услуг содержится в части 4. *Успенский А. А.*

Ключевые слова: береговая линия, макрофиты, глубина, температурный режим, ядро ихтиоценоза, частота встречаемости, обилие

Chapter 10 Coastal fish community. This chapter is a summary containing a physical and geographical description of six sites that are most significant from the point of view of the formation of ichthyocenoses in the coastal waters of the Gulf of Finland and an assessment of the importance of common fish species in the formation of the composition of the fish population for each site using specific frequency of occurrence and contribution to total abundance. A number of physical and geographical information important for fisheries assessment and the formation of provisional ecosystem services is contained in the Part 4. *Uspenskii A. A.*

Key words: coastline, macrophytes, depth, temperature regime, core of ichthyocenosis, frequency of occurrence, abundance

УДК 599.745.3

ГЛАВА 11 Результаты авиационного учета ластоногих в Финском заливе в 2021 и 2023 гг. В 2021, 2023 г. Проведены учеты балтийской кольчатой нерпы (*Pusa hispida botnica* Gmelin, 1788) и балтийского серого тюленя (*Halichoerus grypus macrorhynchus* Hornschuch et

Schilling 1850). Для выполнения исследований использовали методику и сроки работ единые для всего Балтийского моря. По результатам учета численность балтийской кольчатой нерпы в Финском заливе остается на крайне низком уровне: 135 и 134 особи кольчатой нерпы в 2021 г. и в 2023 г. соответственно. Сохраняется риск исчезновения этого подвида. Численность балтийского серого тюленя в российской акватории Финского залива растет и находится на высоком уровне: 1638 и 2492 особи серого тюленя 2021 г. и в 2023 г. соответственно. **Веревкин М. В., Войта Л. Л.**

Ключевые слова: Балтийская кольчатая нерпа, балтийский серый тюлень, ластоногие, морские млекопитающие, Финский залив, авиаучеты, численность популяции, динамика численности.

Chapter 11/Results of seals survey in the Gulf of Finland in 2021 and 2023.The Baltic ringed seal (*Pusa hispida botnica* Gmelin, 1788) and the Baltic gray seal (*Halichoerus grypus macrorhynchus* Hornschuch et Schilling 1850) survey were done in 2021, 2023. The methodology and the dates of the survey were the same for the entire Baltic Sea. According to the results of the survey, the number of Baltic ringed seals in the Gulf of Finland is still at extremely low level: 135 and 134 ringed seals in 2021 and 2023, respectively. The risk of extinction of this subspecies remains. The number of Baltic grey seals in the Russian waters of the Gulf of Finland is growing and is at a high level: 1,638 and 2,492 individuals of grey seals in 2021 and in 2023, respectively. **Verevkin M. V., Voyta L. L.**

Key words: Baltic ringed seal, Baltic gray seal, pinnipeds, marine mammals, Gulf of Finland, aerial surveys, population size, population dynamics.

УДК 504.064

ГЛАВА 12 Редуценты. первичная оценка микробного компонента биологических сообществ прибрежной зоны Финского залива с использованием экспресс-методик. В данной Главе представлены результаты микробиологических анализов, выполненных двумя экспресс-методами с использованием тест систем – одной немецкой, другой – отечественной. Материалом для исследования послужили пробы воды, взятые в прибрежной зоне Финского залива на дистанции от вершины Кургальского полуострова по Копорскую Губу, включая акваторию в районе г. Сосновый Бор за 2021 – 23 годы; и сравнительной апробации обоих методов - пробы, собранные в 2023 году. **Царовцева И.М., Власов Д.Ю., Беляева И.Д., Беллендир Л.Э.**

Ключевые слова: органотрофные бактерии, грибы, дрожжи, тест-система, мониторинг

Chapter 12 Reducers, primary assessment of the microbial component of biological communities of the coastal zone of the Gulf of Finland using express methods. This Chapter presents the results of microbiological analyzes performed by two express methods using test systems - one German, the other domestic. The material for the study was water samples taken in the coastal zone of the Gulf of Finland at a distance from the top of the Kurgal Peninsula along Kопorskaya Bay, including the water area in the area of Sosnovy Bor for 2021 - 23; and comparative testing of both methods - samples collected in 2023. **Tsarovtseva I.M., Vlasov D.Yu., Belyaeva I.D., Bellendir L.E.**

Key words: organotrophic bacteria, fungi, yeast, test system, monitoring

УДК 504.06

ГЛАВА 13 Краткая рыбохозяйственная характеристика восточной части Финского залива и крупнейших водотоков, впадающих в него. Описаны биотопические особенности каждого района ВЧФЗ в аспекте формирования способности экосистемы к созданию рыбопродуктивности, состав рыбного населения, количественные показатели популяций и особенности экологии хозяйственно ценных видов, пространственное распределение основных ихтиологических показателей, приведены основные сведения по научно-исследовательским и промысловым уловам, любительскому лову за ряд лет. Рассмотрены направления трансформации субаквальной части береговой зоны под влиянием хозяйственной деятельности и её воздействие на состояние рыбохозяйственных угодий.
Успенский А. А.

Ключевые слова: районирование, физико-географические особенности, ихтиофауна, видовой состав, количественные показатели, научно-исследовательский улов, промысловый улов, условия формирования рыбопродуктивности, нерестилища, нагульные угодья, миграции

Chapter 13 Brief fisheries characteristics in the Eastern part of the Gulf of Finland the largest contributing water courses. The biotopic features of each geographical division of the EGOF in terms of the formation of the ecosystem's ability to create fish productivity, the composition of the fish population, quantitative characteristics of populations and the ecological peculiarities of economically valuable species, the spatial distribution of the main ichthyological indicators, basic information on research and commercial catches, recreational fishing are described for a number of years. The directions of transformation of the subaquatic part of the coastal zone under the influence of economic activity and its impact on the condition of fishing grounds are considered.
Uspenskii A. A.

Key words: spatial divisions, physical and geographical features, ichthyofauna, species composition, quantitative characteristics, research catch, commercial catch, conditions for the formation of fish productivity, spawning grounds, feeding grounds, migrations

УДК 504.03

ГЛАВА 14 Апробация подхода к стоимостной оценке обеспечивающих экосистемных услуг акваторий и водной биоты восточной части Финского залива на примере способности экосистемы формировать рыбопродуктивность с использованием данных росрыболовства и открытых источников. В данной работе применен подход стоимостной оценки обеспечивающей услуги. В качестве такой услуги была выбрана способность экосистемы формировать рыбопродуктивность. Для оценки были использованы данные по объёмам допустимых уловов, фактическим объёмом добычи (вылова) водных биологических ресурсов и оптовым ценам водных биологических ресурсов. Наибольший вклад в экономическую ценность данной экосистемной услуги привнесли вылов корюшки европейской в восточной части Финского залива, сельди балтийской (салаки) и кильки балтийской (шпроты) в Балтийском море. *Нестерчук А. А., Говорухин В. П., Ильина Н. Н.*

Ключевые слова: рыбохозяйственные ресурсы, рыбопродуктивность, экосистемные услуги, экономическая ценность, оценка, морские ресурсы

Chapter 14 Approbation of an approach to the valuation of water areas and aquatic biota providing ecosystem services in the eastern part of the Gulf of Finland using the example of the ability of an ecosystem to shape fish productivity using data from the Federal Fisheries Agency and open sources. In this work, the approach of valuing the provision of services is applied. The ability of the ecosystem to shape fish productivity was chosen as such a service. For the assessment, data on the volume of allowable catches, the actual volume of production (catch) of aquatic biological resources and wholesale prices of aquatic biological resources were used. The greatest contribution to the economic value of this ecosystem service came from the catch of European smelt in the eastern part of the Gulf of Finland, Baltic herring (herring) and Baltic sprat (sprats) in the Baltic Sea. *Nesterchuk A. A., Govorukhin V. P., Iliina N. N.*

Key words:

Fisheries resources, fish productivity, ecosystem services, economic value, assessment, marine resources

УДК 001.89

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В данном разделе коллективной монографии подведены итоги первого этапа (2023 год) научно-исследовательских работ по проекту FMRU-2023-0002 и дан перечень кратко прокомментированных взаимосвязанных предметных составляющих для разработки логической схемы перспективного планирования на ближайшие этапы в части натуральных наблюдений и информационно-аналитических исследований. *Орлова М. И.*

Ключевые слова: планирование, логическая схема, модельный, экосистемные услуги и издержки, географические объекты, биологические объекты, первичные данные, интегральные показатели.

CONCLUSION. This section of the collective monograph summarizes the results of the first stage (2023) of research work on the FMRU-2023-0002 project and provides a list of briefly commented interrelated subject components for drawing up a logical framework for long-term planning for the coming stages in terms of field observations and informational and analytical research. *Orlova M.I.*

Key words: planning, logical framework, model ecosystem services and costs, geographical objects, biological objects, primary data, integral indicators.

Научное издание

**ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА,
МОРЕПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОСИСТЕМНЫЕ
УСЛУГИ И ИЗДЕРЖКИ**

В двух книгах

Книга 1

**РАЗРАБОТКА ОСНОВ ЦЕЛЕВОГО МОНИТОРИНГА,
СОСТОЯНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
И КОМПОНЕНТОВ ВОДНОЙ БИОТЫ ФИНСКОГО
ЗАЛИВА В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ
УСЛОВИЯХ В 2019–2023 ГОДАХ**

Коллективная монография

*Под общей редакцией
доктора биологических наук М.И. Орловой,
кандидата биологических наук Л.А. Джапаридзе*

Подписано в печать 19.07.2024. Формат 70×108 1/16.
Усл. печ. л. 53,9. Тираж 500 экз. Заказ 638.

Издательство СПбГЭУ. 191023, Санкт-Петербург,
наб. канала Грибоедова, д. 30-32, лит. А.

Отпечатано на полиграфической базе СПбГЭУ

Монография посвящена вопросам экологии Финского залива в части взаимодействия человека и природы. Она подготовлена на основе комплексных научно-исследовательских работ, выполненных в рамках Государственного задания СПбНЦ РАН, а также благодаря финансовой поддержке проектов отечественных и международных программ исследований восточной части Финского залива. Книга адресована широкому кругу научных работников.



<https://spbrc.ru>

© СПбНЦ РАН, 2024
© Коллектив авторов, 2024
© Издательство СПбГЭУ, 2024