



Министерство науки и высшего образования российской федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Экологии и биоресурсов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Бакалаврская)

**На тему Разработка системы технической аквакультуры для района сброса
сточных вод ПАО «Транснефть»**

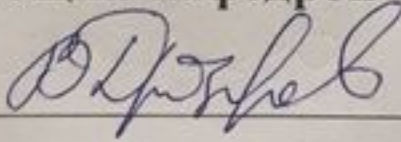
Исполнитель Короленко Андрей Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель д.г.н., профессор
(ученая степень, ученое звание)

Шилин Михаил Борисович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой



(подпись)

Доцент, к.г.н.
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«28» июня 2019 г.

Санкт-Петербург
2019

Содержание	2
Введение	3
Глава 1: Краткая характеристика района исследований	5
1.1. Балтийское море	5
1.2. Финский залив	6
1.3. Пролив Бьеркезунд	9
1.4. Порт Приморск	11
Глава 2: Оценка состояния и среды обитания водных биоресурсов акватории пролива Бьеркезунд Финского залива	15
2.1. Гидрологические исследования	15
2.2. Гидробиологические исследования	20
2.2.1. Фитопланктон	20
2.2.2. Зоопланктон	24
2.2.3. Макрозообентос	26
2.2.4. Организмы-обрастатели (эпифауна) и зообентос твердых грунтов	29
2.3. Гидрохимические исследования	31
Глава 3: Предложения технической аквакультуры для биоиндикации района сброса сточных вод ПАО «Транснефть»	33
3.1. Разработка предложений по технологии проведения экологического мониторинга акватории пролива Бьеркезунд Финского залива	33
3.1.1. Предложения по технологии проведения экологического мониторинга акватории пролива Бьеркезунд Финского залива	34
3.1.2. Сравнение традиционной и подводной технологий аквакультуры применительно к содержанию объектов биотестирования Инженерно-биологические аспекты рыбоводства на открытых акваториях	35
3.1.3. Комплексное использование искусственных рифов и погружных садков	39
3.2. Подбор видового состава объектов аквакультуры для проведения мониторинга	42
3.2.1. Водные растения макрофиты	44
3.2.2. Бурые водоросли (Pheophyta) <i>Fucus vesiculosus</i> L.	44
3.2.3. Зеленые водоросли (Chlorophyta)	45
3.2.4. Беспозвоночные животные	46
3.2.5. Двустворчатые моллюски (<i>Bivalvia</i>)	46
3.2.6. Ракообразные (<i>Crustacea; Malacostraca</i>)	48
3.2.7. Рыбы	50
3.2.8. Сравнительный анализ (SWOT) с целью подбора рыб– объектов аквакультуры	50
Заключение	64
Список литературы	69

Введение

Состояние сообществ водных организмов отражает совокупное воздействие факторов среды. Они реагируют на различные типы качественных ухудшений среды и способны обнаруживать некоторые типы ухудшения водной среды, которые не могут показать гидрохимические, токсикологические и другие методы. Использование биологических методов в интегральной оценке качества поверхностных вод обеспечивает эффективную основу для управления качеством окружающей среды и рациональной эксплуатации водных и биологических ресурсов.[43]

Исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания осуществляются в целях:

- оценки и прогноза изменений среды обитания водных биоресурсов под воздействием антропогенных (техногенных) факторов;
- своевременного выявления и прогнозирования процессов, влияющих на водные биоресурсы и состояние среды их обитания;
- разработки мероприятий по сохранению запасов водных биоресурсов и ненарушенного состояния среды их обитания.

Необходимость проведения комплексного исследования состояния водных биологических ресурсов и среды их обитания в восточной части Финского залива в районе порта Приморск обусловлена важностью условий окружающей среды для создания полигона объектов аквакультуры и проведения экологического мониторинга акватории в районе размещения производственных объектов ПАО «Транснефть – Порт Приморск».

Разные биологические методы способны давать как интегральные оценки состояния водоема, накопленные за длительный период, так и отслеживать кратковременные флуктуации, «всплески» параметров среды. По этим причинам биологические методы мониторинга водных объектов разного назначения широко разрабатываются во всех странах; такие методы могут применяться как самостоятельно, так и совместно с физико-химическими анализами водной среды, что дает наилучшие результаты.[43]

Для биологических оценок могут применяться как гидробионты, живущие в естественных условиях («дикие»), путем их полевого сбора и последующего лабораторного исследования, так и гидробионты, специально культивируемые для этих целей. Оба подхода равноправны, но культура гидробионтов непосредственно в водоеме (аквакультура) позволяет их пространственно зафиксировать на необходимом участке и наблюдать регулярно, так как объекты-мониторы всегда находятся «под рукой».

Цель данной работы: исследовать состояние и среду обитания водных биоресурсов акватории восточной части Финского залива на участках, рассматриваемых в качестве мест размещения полигона объектов аквакультуры в районе производственных объектов ПАО «Транснефть – Порт Приморск» и выбрать оптимальный состав объектов аквакультуры, характерной для пролива Бьеркезунд Финского залива, в целях проведения экологического мониторинга акватории.

Актуальность данной работы заключается в необходимости экологического мониторинга акватории пролива Бьеркезунд Финского залива, из-за расположенного там крупного нефтепорта Приморск; а также в перспективах создания и развития полигона для аквакультуры в Финском заливе.

Для достижения означенной цели поставлены следующие задачи:

- оценить трофность и кормность исследованного участка водоема;
- оценить состояние кормовой базы рыб;
- изучить гидрологические характеристики на исследуемом участке акватории;
- предложить оптимальную композицию видов для аквакультуры в акватории пролива Бьеркезунд.

Работа выполнена в рамках договора между РГГМУ и ПАО «Транснефть – Порт Приморск»

Глава 1. Краткая физико-географическая характеристика района исследований

1.1. Балтийское море

Балтийское море – уникальный водоем средиземного (эпиконтинентального) типа, оно полностью «врезано» в материк. Море отличается очень слабой связью с Мировым Океаном (Северным морем) через узкие Датские проливы, значительным континентальным стоком и относительной мелководностью. Следствием этого является сильно пониженная соленость всего Балтийского моря (в среднем примерно втрое ниже нормальной океанической), отсутствие выраженных приливов и отливов. Другой особенностью моря оказывается дефицит и полное отсутствие кислорода на всей площади, занятой большими глубинами. [43]

Фаунистический состав Балтийского моря очень сложно охарактеризовать «в целом» из-за сильного изменения в солености с запада на восток: с 34–30 ‰ (дно — поверхность) у входа в пролив Скагеррак до 7–0 ‰ в Финском заливе. Состав фауны слишком различается в разных участках моря. Эндемичных видов в Балтийском море нет. Его современная фауна на основной части акватории представляет собой обедненную североатлантическую фауну Северного моря в совокупности с видами-вселенцами различного происхождения. [43]

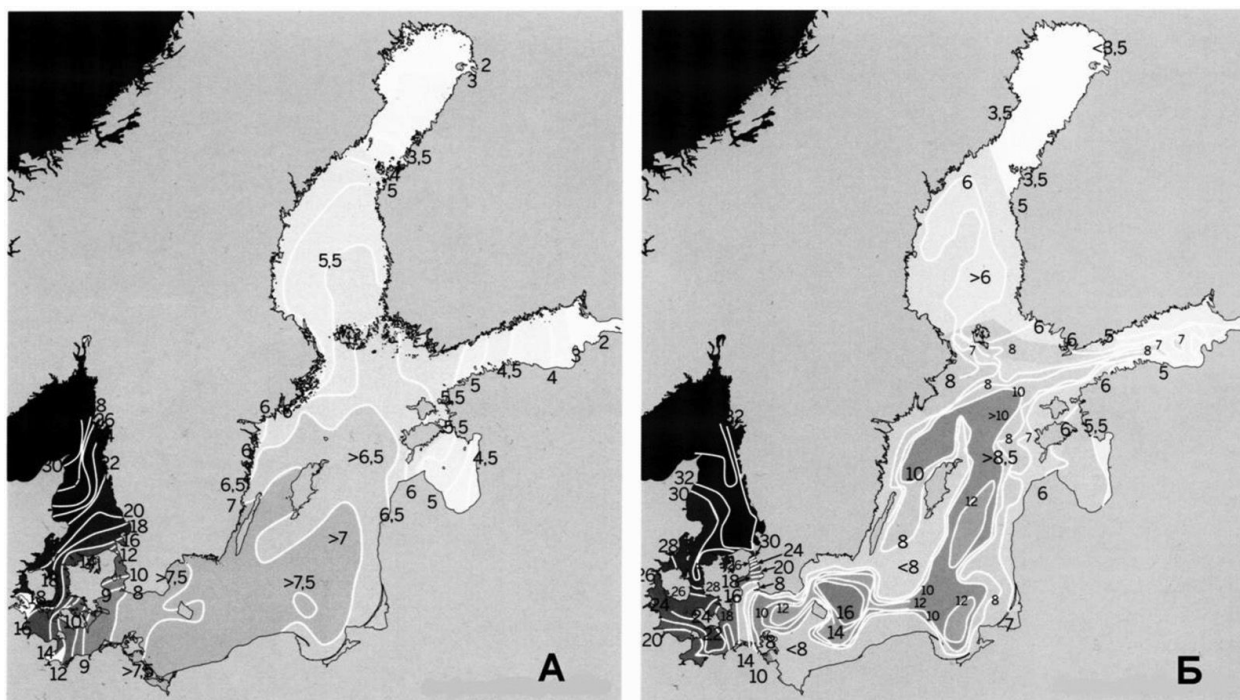


Рис. 1 - Уровень солёности вод Балтийского моря в летний период.

А — на поверхности. Б — у дна [33].

Число морских видов в различных частях Балтийского моря сокращается к его дистальным участкам по мере опреснения, что характерно для всех таксономических групп морских организмов.

Наиболее заметное снижение числа видов (по сравнению с Северным морем) отмечается в датских проливах при изменении солености поверхностных вод в интервале 18–14‰. Вторая волна снижения числа видов - более плавная, растянута от мыса Аркона через бассейн Борнхольма до Южно-Балтийского бассейна и отмечается при очень незначительном снижении солености в интервале 8–7‰.

Ориентироваться на данные по придонной солености в Балтийском море нецелесообразно, так как на значительных акваториях ниже термо- и галоклина отмечаются бескислородные условия, препятствующие развитию фауны вообще.

1.2. Финский залив

Финский залив – восточная и самая опресненная часть Балтийского моря, чему он обязан прежде всего впадением в него реки Невы, а также ряда других достаточно крупных и малых рек. Средний многолетний годовой расход воды в Неве — 78,9 км³ (в среднем 2500 м³/с) - вот почему весь восточный мелководный район Финского залива оказывается фактически пресноводным бассейном, заселенным соответствующей фауной и флорой, близкой по составу к биологическим сообществам реки Невы и Ладожского озера.[43]

Всю российскую акваторию Финского залива по общим гидрографическим характеристикам условно разделяют на следующие районы (зоны):

- Невскую губу (пресный район с доминирующими естественными глубинами 2-4 м и углубленными судоходными каналами);
- мелководный район (сильно опресненный, с глубинами до 10-15 м);
- переходный район (сужение залива с глубинами до 20-30 м);
- глубоководный район (самый западный, солоновато водный с доминирующими глубинами 30-60 м и до 90 м в р-не о. Гогланд). [43]

Температурный режим воды в восточной части Финского залива полностью определяется степенью прогрева поверхности, интенсивностью ветро-волнового и конвективного перемешивания. Как для ряда других крупных пресноводных бассейнов умеренной зоны, для вертикальной структуры вод Финского залива (кроме Невской губы) характерны весенняя и осенняя конвекции с длительными периодами стагнации и выраженными термо- гало- и пикноклинами. [43]

Годовой ход температур вод в целом следует за температурой воздуха. Максимальные температуры воды отмечаются в июле—первой половине августа и в особо жаркие годы могут достигать 25°C (2010 г.). Зимой (январь-март), когда практически вся акватория восточной части Финского залива покрыта льдом, температура воды близка к 0°C, однако всегда положительна, и отрицательных температур, свойственных северным морям, не наблюдается. [43]

В Финском заливе образование ледяного покрова происходит каждую зиму. Процесс становления, развития и разрушения ледового покрова имеет широкий межгодовой диапазон изменчивости. В умеренные зимы разрушение ледяного покрова начинается во 2-3-й декаде марта. К концу апреля припай полностью взламывается, а плавучий лед сохраняется лишь в северо-восточной части залива. В конце 1-й декады мая лед полностью исчезает, хотя после суровых зим может еще задержаться на декаду. [43]

Мощный сток Невы обеспечивает очень плавный градиент солености вдоль оси залива. Вследствие сил Кориолиса, основной поток пресных вод прижимается к северному берегу Финского залива, делая воду там преснее, чем в расположенных напротив участках у южного берега. По этой причине изогалины в Финском заливе расположены несколько скошено по отношению к его продольной оси (вершины изогалин наклонены к западу).

Даже на фоне общей бедности фауны Балтийского моря Финский залив выделяется этим особенно, так как виды морского происхождения не обитают в его восточной части. Наиболее эвригалинные из них единично появляются лишь в расположенном к западу глубоководном районе залива, где соленость поверхностных вод может достигать 3-5 ‰. Для большинства же пресноводных видов такая соленость, напротив, оказывается слишком высокой и они плавно исчезают по направлению с востока на запад (рис. 2).

Такое явление обеднения и даже исчезновения одновременно и морской, и пресноводной фаун отмечается в разных эстуарных бассейнах в диапазоне солености 5-8‰, который был назван диапазоном «критической солености» [2]. Этот диапазон является универсальным барьером, при переходе через который меняется ряд существенных свойств водных экосистем на разных уровнях биологической интеграции, и в первую очередь - биоразнообразии.

Критическая солёность тесно связана с «Законом минимума видов» А. Ремане, который и объясняет бедность гидробиоты в этом диапазоне. Показано, что планктонные организмы менее склонны к «минимуму видов»

при критической солености, чем донные, а многие пресноводные и морские планктеры способны проникать в этот диапазон «с двух сторон» [3].

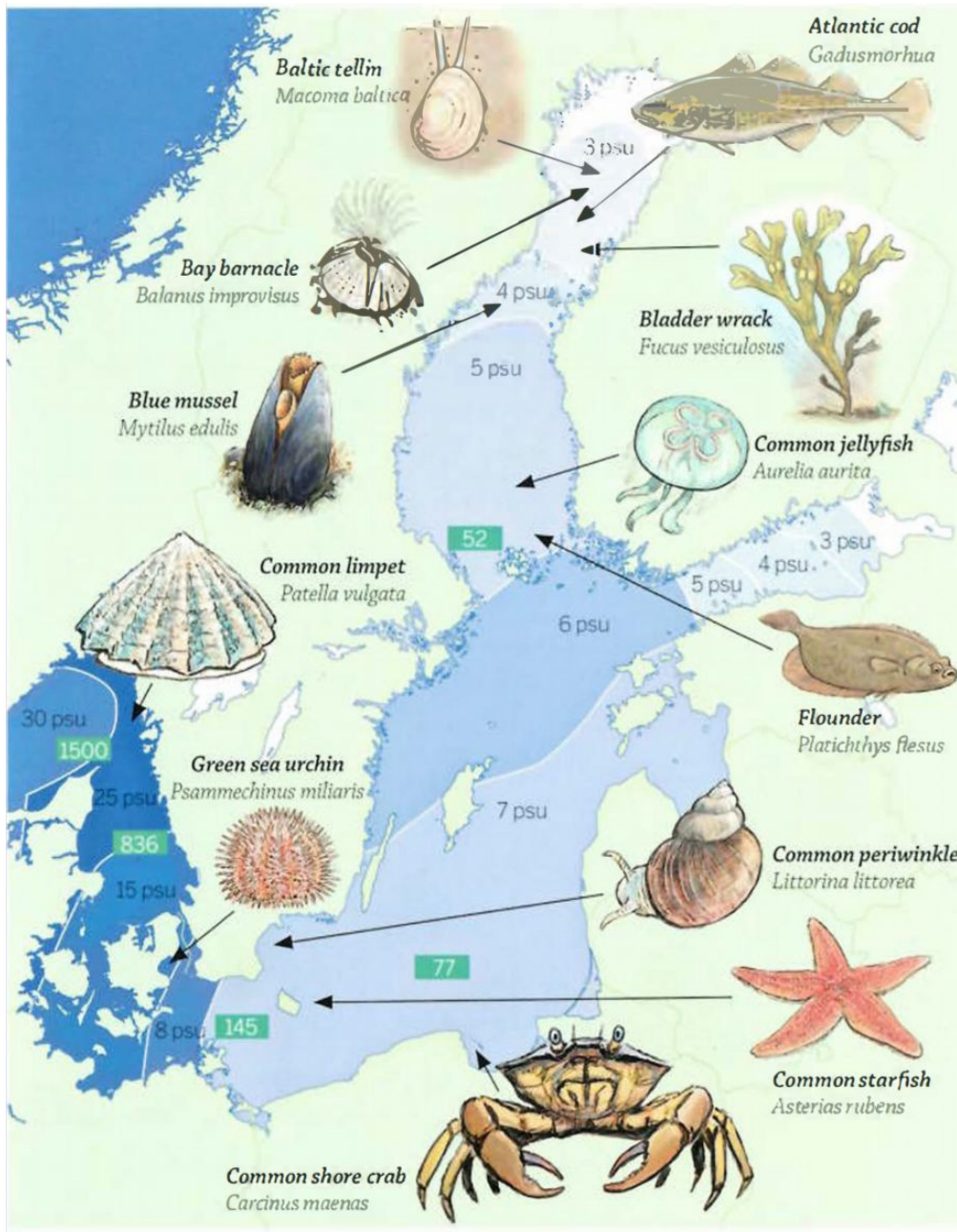


Рис. 2 - Карта-схема, показывающая пределы распространения некоторых морских видов, общее число видов морских и пресноводных растений и животных в различных регионах Балтийского моря в градиенте солености. [45]

В зоне «критической солености» для гидробиоты Финского залива наиболее важным и критическим оказывается диапазон солености 3-6 ‰, в пределах которого и происходит смена (появление или исчезновение) общего

облика фауны и флоры с морского на пресноводный или наоборот (в зависимости от направления с запада на восток или обратного) [4].

Этот общий облик определяется всего несколькими особо заметными, ключевыми для Финского залива и всей Балтики видами, например, бурыми водорослями *Fucus vesiculosus* и *Chorda sp.*, двустворчатыми моллюсками мидиями *Mytilus trossulus* и ракушкой-зеброй *Dreissena polymorpha*, морскими желудями *Balanus improvisus*, морскими рыбами – балтийской сельдью (салакой), шпротом, треской.

Для всего Балтийского моря и Финского залива в частности характерны как сезонные, так и многолетние колебания солености, связанные с периодическими интрузиями более соленых водных масс с запада и/или водностью года. При этом экологические ареалы распространения как морских, так и пресноводных форм могут смещаться на десятки и даже сотни километров. В восточной части Финского залива многие гидробионты как морского, так и пресноводного происхождения обитают на границе своей толерантности к солености (как «сверху», так и «снизу»). Подвижные пелагические организмы легко могут мигрировать под воздействием изменившейся солености водных масс, в то время как прикрепленные и малоподвижные организмы бентоса нередко вымирают при смене условий на значительных площадях.

Все это заставляет говорить о Финском заливе как о районе «рискованной аквакультуры» и предъявляет особые требования к подбору наиболее толерантных и эврибионтных объектов культивирования, число которых в естественной среде невелико.

1.3. Пролив Бьеркезунд

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на формирование гидрологических и гидродинамических полей в проливе Бьеркезунд и на их трансформацию при взаимодействии с водными массами открытой части Финского залива. [43]

Климат описываемого района мало отличается от климата восточной части Финского залива и носит типичные черты морского климата умеренных широт, для которого характерны сравнительно небольшие колебания температуры в течение года, повышенные влажность и облачность и выпадение значительного количества осадков.

Зима довольно мягкая, с преобладанием пасмурной погоды и с частыми осадками. Сильные морозы бывают редко и обычно непродолжительны. Зимой преобладают ветры от S, SW и W, нередко достигающие силы шторма.

Весна прохладная. Вторжения воздушных масс с Баренцева и Карского морей при ветрах от N и NE обуславливают довольно низкую температуру воздуха. Осадки выпадают реже, чем зимой, и штормовая деятельность ослабевает. В открытой части района повторяемость туманов наибольшая по сравнению с остальными сезонами года.

Лето обычно прохладное, жаркая погода бывает редко и продолжается недолго. Летом преобладают ветры от NW и N. Повторяемость туманов по сравнению с весной сокращается. В конце лета заметно увеличивается количество осадков, выпадающих преимущественно в виде ливней.

Осень теплая, сырая и ветреная. Преобладает влажная пасмурная погода с частыми продолжительными осадками, на побережье нередки туманы и штормы.

Ветровой режим зависит от характера распределения атмосферного давления по территории, его изменчивости в течение года и определяется устойчивостью, степенью развития и характером взаимодействия барических центров.

В большей части района с сентября–октября по март–апрель преобладают ветры от SW, S и W. Кроме того, в это время довольно часты ветры от SE. С мая по июль – август наиболее вероятны ветры от NW и N. Из ветров других направлений чаще всего наблюдаются ветры от W. Большую роль играют местные условия (изрезанность и конфигурация берегов), под влиянием которых господствующие ветры претерпевают существенные изменения.

Средняя месячная скорость ветра с сентября по март 5–8 м/с, с апреля по август 3–6 м/с, причем скорость ветра на заливе несколько больше, чем на побережье. В летний период хорошо выражен суточный ход скорости ветра. Как правило, наиболее тихая погода наблюдается в ночные и утренние часы, днем же, особенно после полудня, ветер всегда усиливается, иногда скорость ветра достигает 9–12 м/с. Такая скорость ветра бывает обычно при вторжении в район Финского залива холодных воздушных масс с севера.



Рис. 3 - Карта-схема района пролива Бьеркезунд и расположение порта Приморск [43]

1.4. Порт Приморск

Порт Приморск (Морской торговый порт Приморск) — крупнейший российский нефтеналивной порт на Балтике, конечная точка Балтийской трубопроводной системы (БТС). Порт расположен на материковой части пролива Бьеркезунд Финского залива Балтийского моря, в 6,5 км юго-восточнее города Приморск. Географические координаты порта: 59 градусов 54 минуты северной широты. [44]



Рис. 4- Акватория порта Приморск со схемой границ [44]

БТС ориентирована на транспортировку нефти с Тимано-Печорского месторождения, из Западной Сибири и Урало-Поволжья; в перспективе возможно привлечение транзита экспортной нефти из стран СНГ.

Площадь сухопутной территории порта составляет 2,5 км², площадь акватории – 32,3 км². Порт предназначен для обслуживания танкеров дедвейтом до 150 000 т, длиной до 307 м, шириной 55 м и осадкой 15,5 м - то есть, судов с близкой к максимальной осадке кораблей, способных заходить из океана в Балтийское море. Ввиду ограниченных глубин в Датских проливах супертанкеры не могут заходить в Балтику. В порту 9 причалов, 3 из них для портового флота, максимальная глубина у причала 18,2 м. Общая ёмкость резервуаров для хранения нефти составляет 921 тыс. т, для хранения светлых нефтепродуктов 240 тыс. т.

Учитывая уникальность акватории Финского залива, Компания «Транснефть» приняла решение обеспечить дополнительный экологический контроль за состоянием изолированных балластных вод, сбрасываемых танкерами во время загрузки. Для этого был разработан регламент, в котором определены требования к составу балластных вод, утверждён порядок аналитического контроля. Совместно с представителем судна сотрудники лаборатории производят отбор проб балластной воды с каждого изолированного танка с глубины 0,5 м. Разрешение на сброс балласта выдаётся экологической службой порта только при полном соответствии показателей качества балластных вод установленному нормативу содержания нефтепродуктов - 0,05 мг/дм³. В случае обнаружения превышения концентрации нефтепродуктов > 0,05 мг/дм³ дополнительно производится отбор контрольных проб. При подтверждении превышения допустимой

концентрации балластные танки опломбируются, и сброс балласта из них запрещается.

В целях контроля за влиянием сброса на загрязненность акватории порта сотрудники экологической лаборатории отбирают пробы морской воды в районе носовой, средней и кормовой части судна до начала сброса балластных вод и после окончания сброса. Подобный жёсткий контроль на сегодняшний день отсутствует в портах других стран мира и осуществляется только в Приморске. С начала эксплуатации порта произведен количественный химический анализ 41249 отобранных проб балластных вод. Выявлено 23 танкера с превышением допустимой концентрации. Запрещённая к сбросу загрязнённая балластная вода общим объёмом 438416 м³ в опломбированных танках возвращена с судами в исходные пункты дебалластировки. По данным проводимого мониторинга содержание нефтепродуктов в воде акватории порта не только не увеличилось, а значительно снизилось по отношению к фоновым концентрациям 1999 г. и данным во время строительства порта. По последним результатам контроля содержание растворенных нефтепродуктов составляет 0,009-0,010 мг/дм³, что в 5 раз меньше установленных нормативов. [46]

За время работы порта Приморск в воды Финского залива поступило более 100 млн. т воды со степенью загрязнения нефтепродуктами менее 0,05 мг/л (очищенные сточные воды и балластные воды).

На предотвращение загрязнения Финского залива направлен и категорический запрет, введённый регламентом Компании «Транснефть» на заход в порт Приморск и налив нефти в танкера, не соответствующие международным требованиям безопасности мореплавания.

Очистные сооружения обеспечивают очистку до рыбохозяйственных нормативов хозфекальных и льяльных вод с судов при наличии нефтепродуктов (основной загрязнитель) в хозфекальных водах - 48 мг/л; в льяльных водах - 21000 мг/л.

Очистные сооружения хозбытовых и производственно-ливневых сточных вод были построены и выведены на проектную производительность в 2001 г. к моменту запуска порта Приморск. С увеличением объёма перекачки производилось их дальнейшее расширение. [46]

Очистные сооружения позволяют очистить поступающие с судов льяльные сточные воды, содержащие до 21000 мг/л нефтепродуктов, до качества воды рыбохозяйственных водоёмов (содержание нефтепродуктов 0,05 мг/л), т.е. снизить концентрацию нефтепродуктов в 500 тыс. раз.

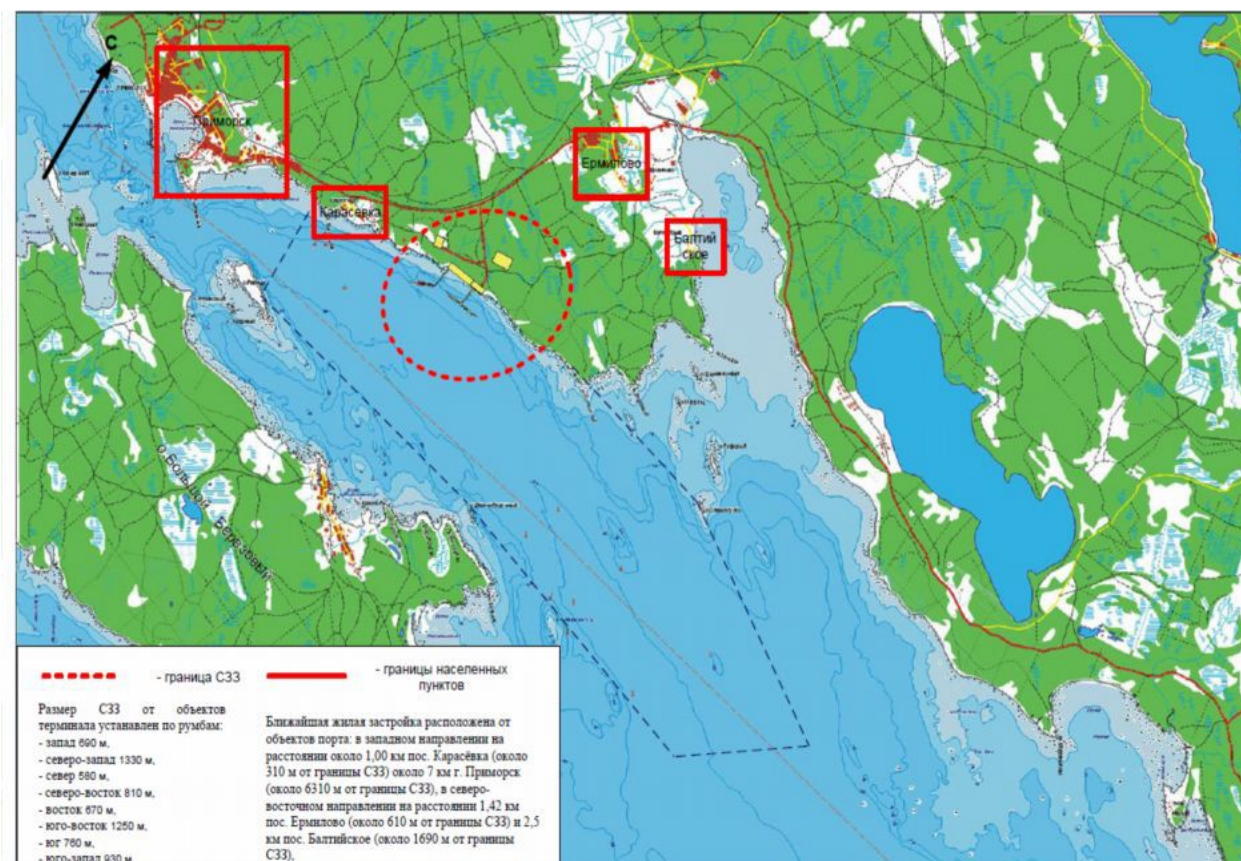


Рис. 5 - План-схема санитарно-защитной зоны порта «Приморск» [44]

Зона ответственности порта Приморск в соответствии с лицензией водопользования ЛОД № 01520 от 27.06.2006 г. составляет 31,34 кв.км.

Принятое значение максимально возможного разлива нефти в порту Приморск на основании требований постановления Правительства № 613 от 21.08.2000г «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» составляет 1500 т.

В порту Приморск для зоны указанной ответственности разработан и действует План по предупреждению и ликвидации разливов нефти на объектах ПАО «Транснефть - Порт Приморск» [46]

Глава 2: Оценка состояния и среды обитания водных биоресурсов акватории восточной части финского залива

2.1 Гидрологические исследования

Восточная часть Финский залива, где расположен порт Приморск, - сравнительно мелководный бассейн со средними глубинами 20–40 м. Линия берега сложная, с большим количеством островов и банок [5].

Высоко-изменчивый климат Балтийского региона и непосредственно Балтийского моря формируется смешением относительно-теплых морских воздушных масс из Северной Атлантики и сухих континентальных воздушных масс. Район Финского залива относится к зоне умеренного климата, переходного от океанического к континентальному, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом. Преобладающее направление ветров в восточной части Финского залива осенью и зимой – юго-западное, весной – юго-западное и западное и летом – западное. Наибольшей силы ветра достигают преимущественно осенью и зимой. Крупные водные массы района (Финский залив) конденсируют тепло, но влияние на климат практически не оказывают вследствие сравнительно небольшой площади и малой толщи вод [6].

В Финском заливе химический состав вод в значительной степени определяется стоком крупных рек. На примере Невской губы и мелководного района Финского залива можно отслеживать значительное влияние р. Нева в формировании химического состава всей восточной части Финского залива. Период исследований в восточной части Финского залива в июне-сентябре 2017 г. характеризовался низкой температурой воздуха (днем – 16–19 °С, ночью 10–17 °С в июне и днем – 6–10 °С, ночью 5–8 °С в сентябре), умеренным ветром преимущественно южного и юго-восточного направления и периодическими грозами и штормами. Температура воды за этот период постепенно снижалась.

Станции располагались в проливе Бьеркезунд, отделяющем материк от о. Большой Березовый. Станция 1 была расположена непосредственно в районе предполагаемого размещения садков на акватории порта Приморск (ООО «Транснефть») (рис. 6). Станция 2 располагалась вне акватории порта, на расстоянии около 4 км, вблизи о. Равица. Глубина на станциях была 14–15 м. Исследования проводились в 2017 году организацией ООО «Группа Альянс». [43]

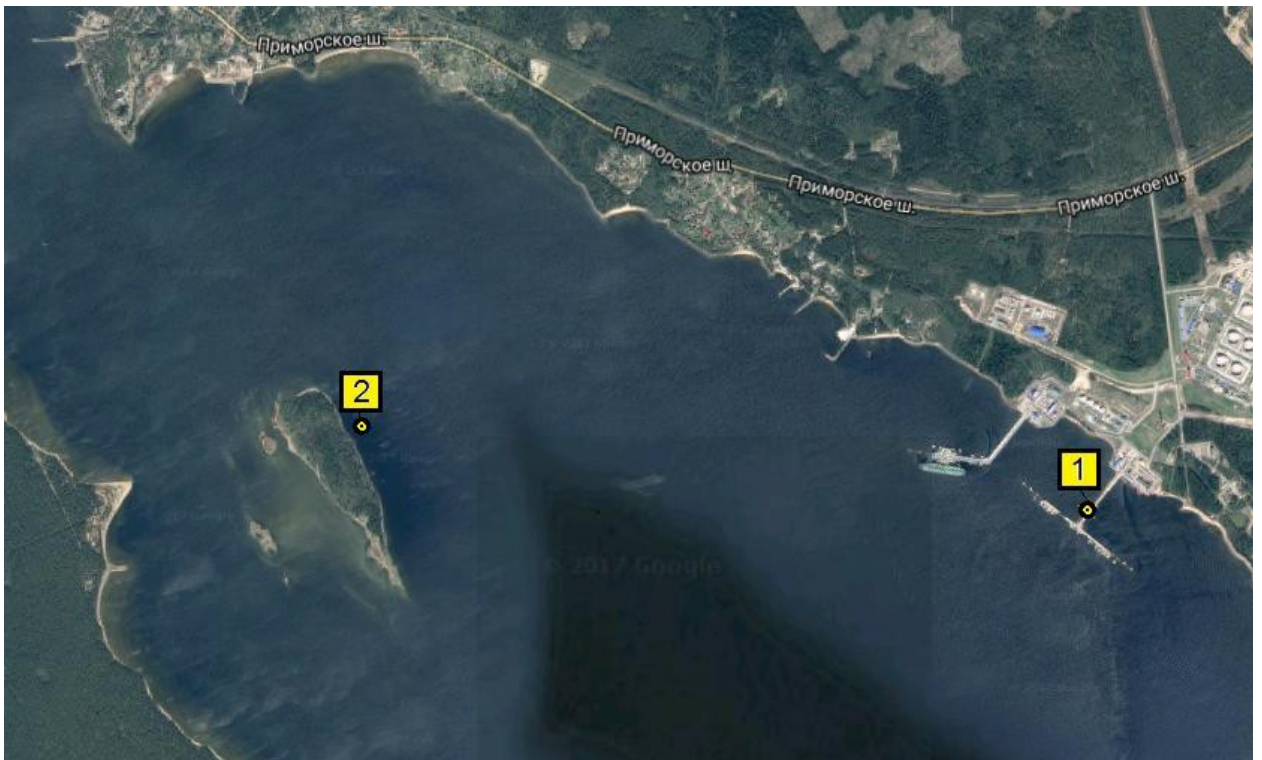


Рис. 6 – Схема расположения гидробиологических и гидрологических станций в проливе Бьеркезунд в районе порта Приморск

Температура воды

В июне в районе порта (станция 1) температура на поверхности воды составляла 12,5 °С и постепенно снижалась до значений 3 °С. На станции 2 на прилегающей к порту акватории пролива температура отличалась незначительно. Основное охлаждение наблюдалось на глубине до 6–7 м, ниже которой значения приближались к 5 °С.

В сентябре на станциях наблюдалось явление гомотермии. Во всей толще воды на обеих станциях до глубины 14 м температура составляла 13,8 °С. Только на станции 1, расположенной на более закрытой акватории порта, в поверхностном метровом слое температура воды достигала значения 14,9 °С. (Данные исследований представлены на рис. 7)

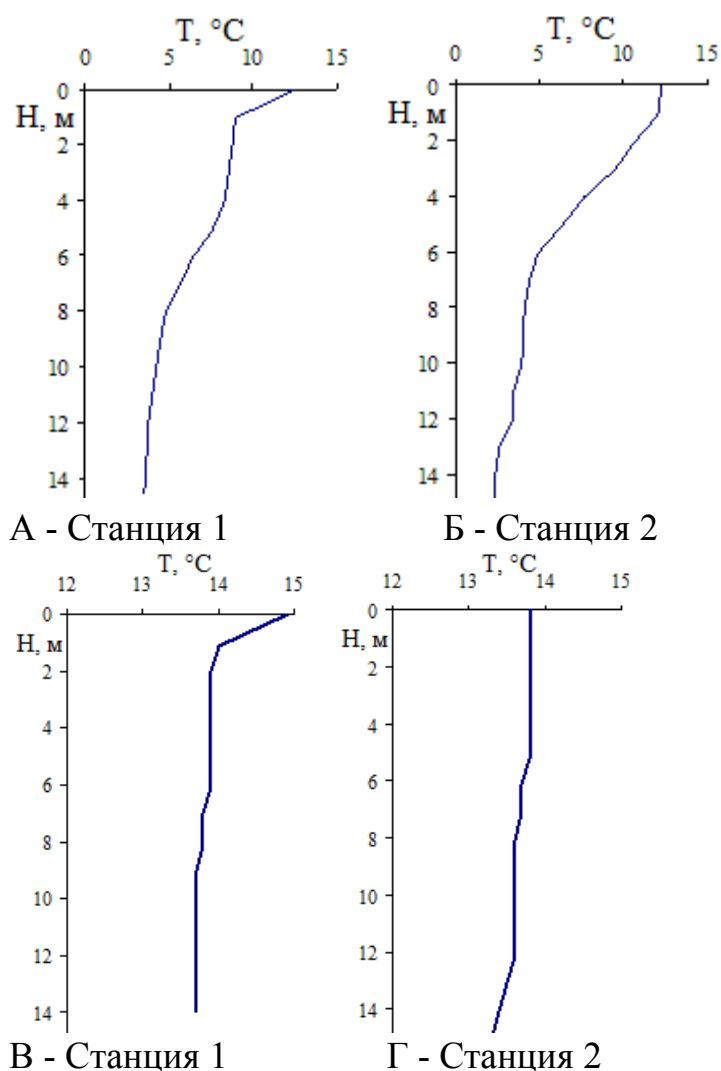


Рис. 7 – Изменение температуры воды (T , °C) с глубиной на станциях 1 и 2, в проливе Бьеркезунд, в районе порта Приморск, 22.07.17 г (А и Б) и 20.09.17 г (В и Г).[44]

Соленость воды

В июне на станциях 1 и 2 (в порту и на прилегающей акватории) соленость воды изменялась в пределах 2,8–3,0‰ на поверхности и 4,3–4,7‰ у дна. Для обеих станций было характерно естественное увеличение солености воды с глубиной.

Различия значений солености между станциями с учетом гидродинамической активности обоих участков акватории пролива не превышают погрешности измерений. В сентябре соленость поверхностного слоя воды составляла на станциях 2,5–2,6‰, а на дне (глубина 14 м) – 2,7–2,9‰. На обеих станциях наблюдается увеличение солености с глубиной, однако по сравнению с летней съемкой общие значения солености ниже. (Данные исследований представлены на рис. 8)

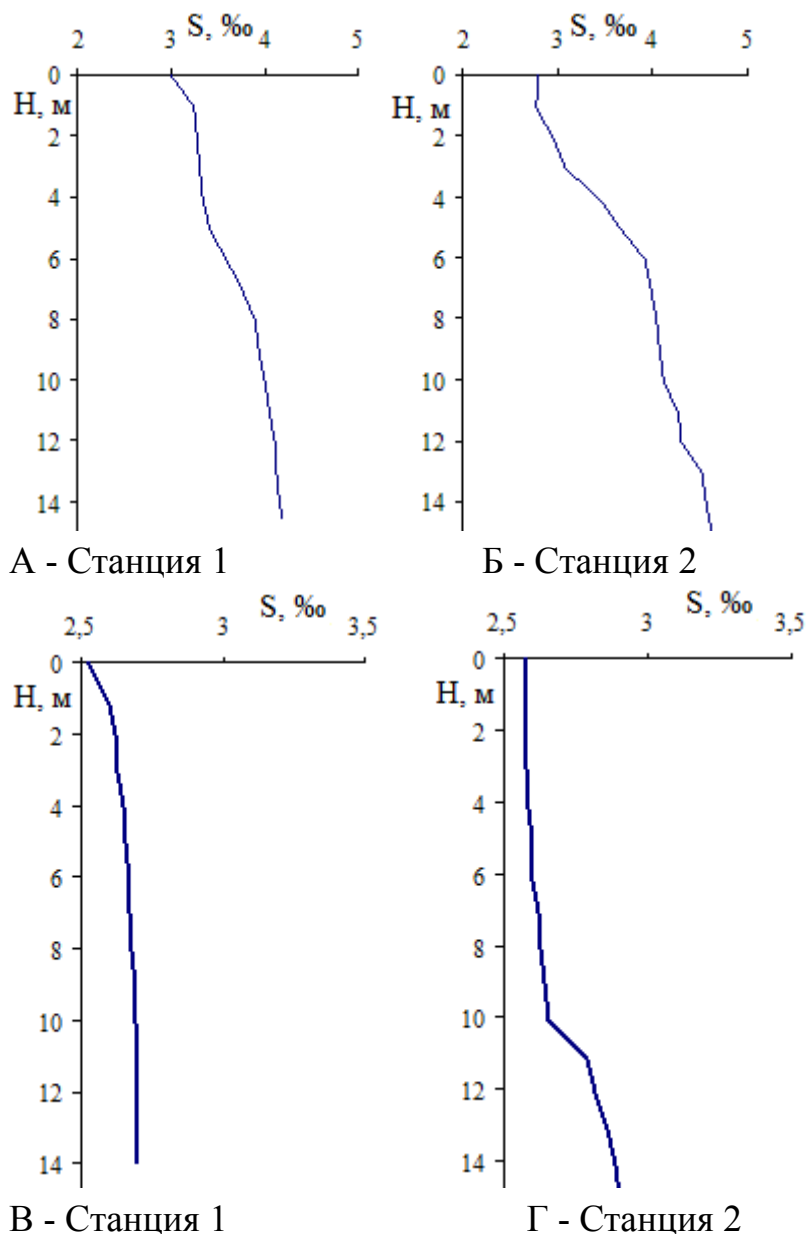


Рис. 8 – Изменение солёности воды (S, ‰) с глубиной на станциях 1 и 2, в проливе Бьеркезунд, в районе порта Приморск, 22.07.17 г (А и Б) и 20.09.17 г (В и Г). [44]

Растворённый кислород

Содержание растворённого кислорода в воде в июне на станциях порта и прилегающей акватории составило от 9,7 до 10,8 мг/л. На поверхности наблюдались наименьшие значения, а с глубиной концентрация кислорода увеличивалась. Вероятно, это было связано со снижением температуры воды

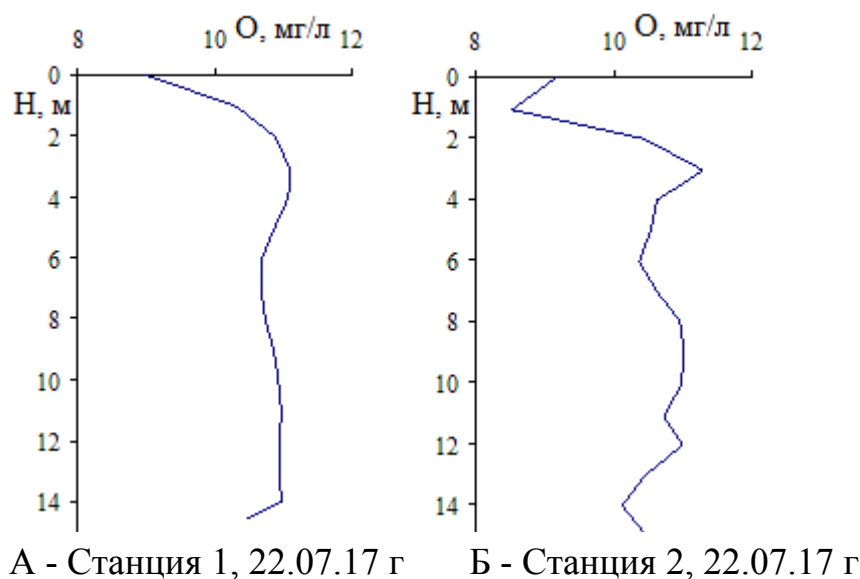
с глубиной, так как вода с большей плотностью имеет большую насыщаемость газами.

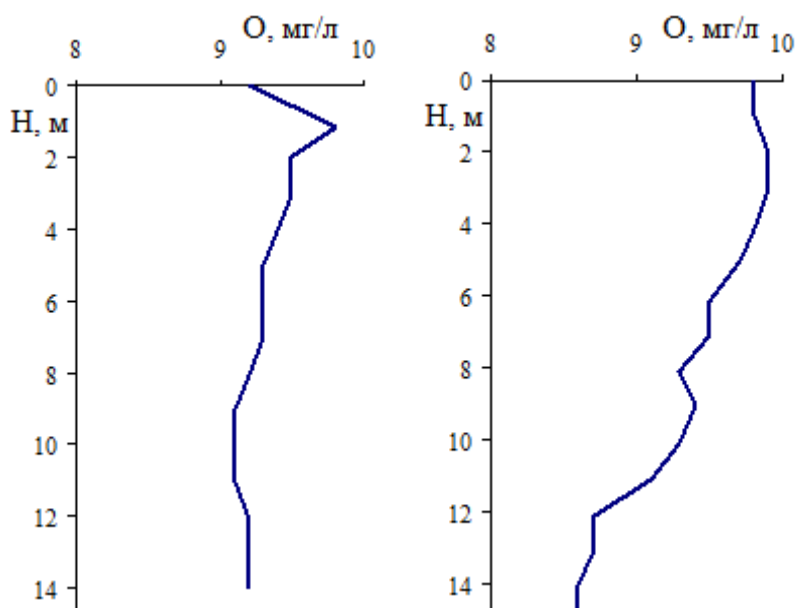
В сентябре на станции в акватории порта (станция 1), и на поверхности, и у дна концентрация кислорода была приблизительно равной (9,2 мг/л), а на прилегающей акватории насыщение поверхностного слоя воды было выше, но с глубиной концентрация кислорода уменьшалась. Максимум на обеих станциях был несколько ниже поверхностного слоя, но не превышал значение 9,8 мг/л.

Можно отметить климатические особенности 2017 г. К ним относятся постоянные шторма, особенно часто наблюдавшиеся в сентябре, что вызвало перемешивание воды на всю глубину. Другой особенностью было холодное лето, выразившееся в позднем прогреве воды (в июне на глубине 14 м температура воды была около 3 °С). Слабый прогрев воды выразился в том, что уже в середине сентября вода на всех горизонтах не превышала 13–14 °С. Сезонные фенологические процессы в 2017 г. демонстрировали запаздывание на 3-4 недели от средних многолетних величин.

В целом в период наблюдений все гидрологические параметры находились в диапазоне, характерном для водных масс восточной части Финского залива. Температура, соленость воды и концентрация растворенного кислорода от поверхности до дна на

станциях 1 и 2 были благоприятны для развития планктонных, донных сообществ, а также обитания и нагула рыб. (Данные исследований представлены на рис. 9)





В - Станция 1, 20.09.17 г Г - Станция 2, 20.09.17 г

Рис. 9 – Изменение концентрации растворенного кислорода (O_2 , мг/л) с глубиной на станциях 1 и 2, в проливе Бьеркезунд, в районе порта Приморск, 22.07.17 г (А и Б) и 20.09.17 г (В и Г). [44]

2.2 Гидробиологические исследования

2.2.1 Фитопланктон

В 2000-х гг. в фитопланктоне пролива Бьеркезунд в вегетационный период встречено 143 таксона из 8 систематических групп. Таксономическое разнообразие фитопланктона в основном определяли зеленые (54) и цианобактерии (45), что характерно для летне-осеннего фитопланктона Выборгского залива и других районов восточной части Финского залива.

Третью позицию занимали диатомовые – 24 таксона. В планктоне встречались представители динофитовых (11), криптофитовых (4), золотистых (3), эвгленовых и желтозеленых (по 1 таксону) [7]. В июне и сентябре 2017 г. всего в фитопланктоне исследованной акватории пролива Бьеркезунд обнаружено 47 таксонов из 8 систематических групп: зеленые – 13, цианобактерии – 11, диатомовые – 8, криптофитовые – 7, динофитовые – 5, золотистые, эвгленовые, 24 желтозеленые – по 1 таксону. В июне отмечены также не идентифицированные жгутиковые формы. Соотношение основных групп фитопланктона (зеленых, цианобактерий и диатомовых) было аналогично тому, что наблюдалось в 2000-х гг. [ССЫЛКИ](#)

В 2017 г. локальное количество видов фитопланктона в сентябре было выше по сравнению с таковым в июне в среднем в 2 раза за счет увеличения количества видов цианобактерий. В июне оба исследованных участка пролива имели практически одинаковое количество видов (12- 13 таксонов). В сентябре оно было выше в районе морского порта г. Приморска (ст. 1) – 29 против 23 таксонов в открытой части пролива в районе о-ва Равица (ст. 2).

В проливе Бьеркезунд в летне-осеннем сезоне по численности фитопланктона обычно доминируют цианобактерии. Основу биомассы часто формирует потенциально токсичная цианобактерия *Planktothrix agardhii*. Из цианобактерий в числе доминантов отмечены также *Chroococcus dispersus*, *Woronichinia compacta*, *Aphanocapsa incerta*, *Oscillatoria spp.*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena spp.*, *Nodularia spumigena*. Из диатомовых преобладают *Skeletonema subsalsum* (июнь) и *Chaetoceros subtilis* (сентябрь), из криптофитовых – разноразмерные криптомонады (июнь, сентябрь–октябрь), из зеленых – *Mougeotia sp.* (июнь– август) [8].

В 2017 г. основной фон июньского фитопланктона формировали криптофитовые, из них преобладали разноразмерные криптомонады (*Teleaulax spp.*, *Cryptomonadales gen. sp. (≤10 мкм)*, *Cryptomonas curvata*). Наибольший вес эта группа имела в сообществе в акватории порта, что наблюдалось, например, в конце июля 2002 г., когда криптофитовые доминировали по биомассе только на прилегающей к морскому порту г. Приморска акватории [9].

В сентябре 2017 г. криптофитовые выпали из числа доминантов, за исключением акватории порта, где они по биомассе вошли в число субдоминантов фитопланктона. При этом абсолютная численность криптофитовых оставалась на сравнимом с июньскими значениями уровне, а биомасса выросла в среднем в 2,8 раза.

В 1999–2002 гг. криптомонады, наряду с цианобактериями, доминировали в фитопланктоне пролива Бьеркезунд как в июне, так и в сентябре–октябре [10]. В июне 2017 г. на исследованной акватории пролива кроме криптофитовых по численности преобладали зеленые за счет вегетации *Monoraphidium contortum* – вид, отмечавшийся среди доминантов в глубоководном районе восточной части Финского залива в июне 1995 г. [11].

В период исследования в проливе Бьеркезунд в июньском фитопланктоне по биомассе доминировали диатомовые (порт) и цианобактерии (открытая часть, *Aph. flos-aquae*). В сентябре по количественным показателям лидировали цианобактерии, составив более 60% общих показателей. Среди них наибольшее значение имела потенциально токсичная *M. aeruginosa*. В конце 1990-х–начале 2000-х гг.

этот пресноводный вид среди доминантов фитопланктона рассматриваемой акватории Финского залива не отмечался [9,10], а занимал лидирующую позицию, например, в мелководном районе восточной части Финского залива в летне-осеннем сезоне 1987 г. при средней солености 0,5‰ [12,13]. Из цианобактерий кроме *M. aeruginosa* основу биомассы сентябрьского фитопланктона обеспечивал обычный летне-осенний доминант Балтийского моря – потенциально токсичный вид *Aph. flos-aquae*.

Согласно фондовым материалам ФГБНУ «ГосНИОРХ» [9], в летне-осеннем сезоне 2000–2002 гг. в проливе Бьеркезунд величина численности фитопланктона варьировала от 2 до 49 млн. кл./л. Максимальная среднемесячная численность отмечалась в августе (около 39 млн. кл./л), минимальная – в октябре (15 млн. кл./л). Биомасса фитопланктона в этот периода изменялась от 0,23 до 2,33 г/м³. Среднемесячная биомасса более 1 г/м³ отмечена в июне (1,49) и сентябре (1,10 г/м³). Минимум среднемесячной биомассы зафиксирован в июне (0,46 г/м³).

В июне–октябре 1999–2002 гг. [7,10] величина биомассы фитопланктона пролива Бьеркезунд изменялась в пределах от 0,11 до 3,09 г/м³ с экстремумами в июне и октябре (минимум) и в июле и сентябре (максимум). Средняя за вегетационный сезон биомасса имела величину 0,89 г/м³.

Количественные показатели фитопланктона в проливе Бьеркезунд в период исследования в 2017 г. варьировали в пределах от 1122 до 27875 тыс. кл./л (численность) и от 132 до 2598 г/м³ (биомасса), что согласовывалось с аналогичными данными более ранних исследований. Численность и биомасса фитопланктона в среднем были ниже в июне по сравнению с сентябрем – в 21 раз и в 17 раз соответственно. Максимум биомассы отмечен в сентябре в открытой части пролива. В целом сезонные величины количественных показателей между собой существенно не различались, что отмечалась и ранее в летнем сезоне [9].

Структура и количественное развитие фитопланктона в проливе Бьеркезунд, особенно в его южной части, во многом определяется состоянием фитопланктона мелководного района, так как стоковое течение проходит вдоль северного берега Финского залива, и водные массы из этого района поступают в пролив. В то же время гидрологические условия в проливе (значительные скорости течения, высокая гидродинамическая активность вод) не способствуют вегетации фитопланктона и уровень его развития характеризуется величинами того же порядка, что и в мелководном районе.

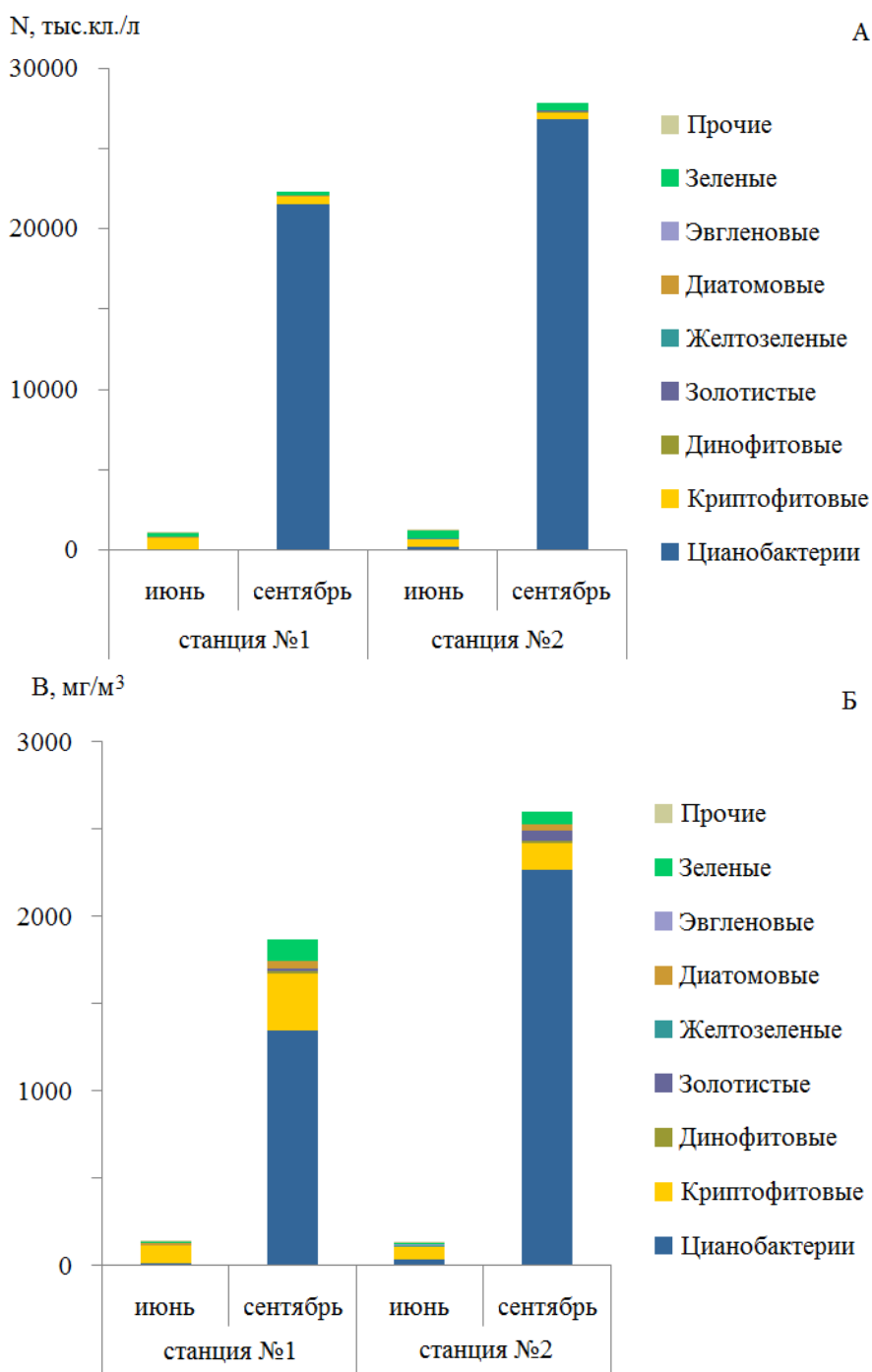


Рис. 10 – Численность (А) и биомасса (Б) фитопланктона и его систематических групп в проливе Бьеркезунд, в районе порта Приморск в 2017 г. [43]

Продукционные характеристики фитопланктона и деструкция органического вещества

Согласно фондовым материалам ФГБНУ «ГосНИОРХ» концентрация хлорофилла «а» в проливе Бьеркезунд изменялась в широких пределах от 2 до 11 мкг/л, первичная продукция принимала значения от 0,2 до 0,6 мгС/л в

сут., деструкция органического вещества –от 0,03 до 0,2 мгС/л в сут. суточное ассимиляционное число –от 21 до 79 мгС/мг хлорофилла «а» в сутки. [43]

Таким образом, полученные данные по продукционным характеристикам фитопланктона практически укладываются в размах колебаний обсуждаемых показателей, полученных в предыдущие годы, и рассматриваемый район, как и ранее, можно отнести к водам мезотрофного типа.

Различия по станциям в оба периода наблюдений были незначительными и определялись в основном гидродинамическими условиями в проливе. Более существенно различались продукционные показатели фитопланктона по сезонам. Несмотря на высокие показатели хлорофилла «а» в сентябре месяце, вызванные осенним пиком развития фитопланктона, его функциональные показатели значительно снижены. САЧ в осенний период почти в два раза ниже летнего. Увеличение деструкции органического вещества в сентябре, так же вызвано сезонными изменениями.

2.2.2. Зоопланктон

В июне и сентябре 2017 г. в составе зоопланктона было отмечено 30 видов, в том числе коловраток – 12, кладоцер – 10 и копепод – 8. Спектр сообщества включал характерные для восточной части Финского залива морские (*Synchaeta baltica*, *Keratella cochlearis baltica*, *Evadne nordmanni*, *Podon leuckarti*, *Eurytemora hirundoides* и др.), солоноватоводные (*Eubosmina maritima*, *Cercopagis pengoi*), пресноводные (рр. *Daphnia*, *Bosmina*, *Chydorus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*) и эвригалинные виды (практически все коловратки). [43]

В условиях прохладного лета, когда температура воды во второй половине июня составляла у поверхности не более 12,2°C, а в сентябре практически при гомотермии по вертикали – 12,3–14,1°C в сообществе преобладали эвритермные виды.

Численность зоопланктона на всей обследованной акватории была высокой, что характерно для лета. Локальные показатели численности варьировали от 33,35 до 104,64 тыс.экз./м³, с максимумом в сентябре, а биомассы – от 0,551 до 1,324 г/м³ с максимумом в июне.

В июне основу численности составляли коловратки и копеподы, что характерно для начала лета и обычно отмечается в разных участках восточной части Финского залива [8]. Основу биомассы (более 90%)

обеспечивали копеподы при доминировании видов р. *Eurytemora*. В условиях относительно теплой осени во второй половине сентября сохранялся практически летний характер зоопланктона, в котором основу численности и, особенно, биомассы создавали кладоцеры, преимущественно пресноводные виды.

В то же время в сентябре биомасса зоопланктона на всей акватории была заметно ниже, чем в июне. Это было связано с характерной для лета перестройкой видовой и размерной структуры сообщества, а именно – доминированием кладоцер, в популяциях в которых преобладала молодежь, снижением численности крупных копепод (р. *Eurytemora*) и возрастанием доли более мелких циклопов (*Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*). Кроме того, необходимо принять во внимание, что летом зоопланктон испытывал сильный пресс со стороны рыб. Летом (обычно в июле) на всей акватории, особенно в заливах второго порядка отмечается снижение обилия зоопланктона, вызванное прессом рыб. Это связано с тем, что в первой половине лета отмечается высокая численность молоди рыб, основу пищи которой составляет зоопланктон [8,14].

Несмотря на различия в количественных характеристиках зоопланктона, обусловленных его естественной динамикой, структура зоопланктона (соотношение отдельных групп) на двух сравниваемых станциях как в июне, так и в сентябре была практически одинаковой.

Согласно имеющимся данным [43] наиболее высокие показатели обилия зоопланктона в проливе Бьеркезунд обычно приходится на июнь–август. Так, в 2000 г. в условиях хорошего прогрева воды в составе зоопланктона присутствовали теплолюбивые летние формы кладоцер и копепод, которые обеспечивали высокие показатели биомассы зоопланктона. По имеющимся данным [15], на акватории порта Приморск показатели численности и биомассы в среднем составляли: в июне – 60,11 тыс.экз./м³ и 1,08 г/м³ при доминировании, и по численности, и по биомассе копепод, преимущественно каланоид р. *Eurytemora*; в июле – 61,66 тыс.экз./м³ и 0,63 г/м³ с преобладанием (более 50 %) по численности коловраток, преимущественно рр. *Keratella* и *Synchaeta*, по биомассе – копепод р. *Eurytemora* и кладоцер р. *Bosmina*; в августе – 89,91 тыс.экз./м³ и 1,77 г/м³ при доминировании кладоцер, преимущественно рр. *Daphnia* и *Cercopagis* и копепод рр. *Eurytemora*, *Mesocyclops*, *Thermocyclops*. В целом уровень показателей численности и биомассы зоопланктона, выявленный в июне и сентябре 2017 г., характерен для рассматриваемого района.

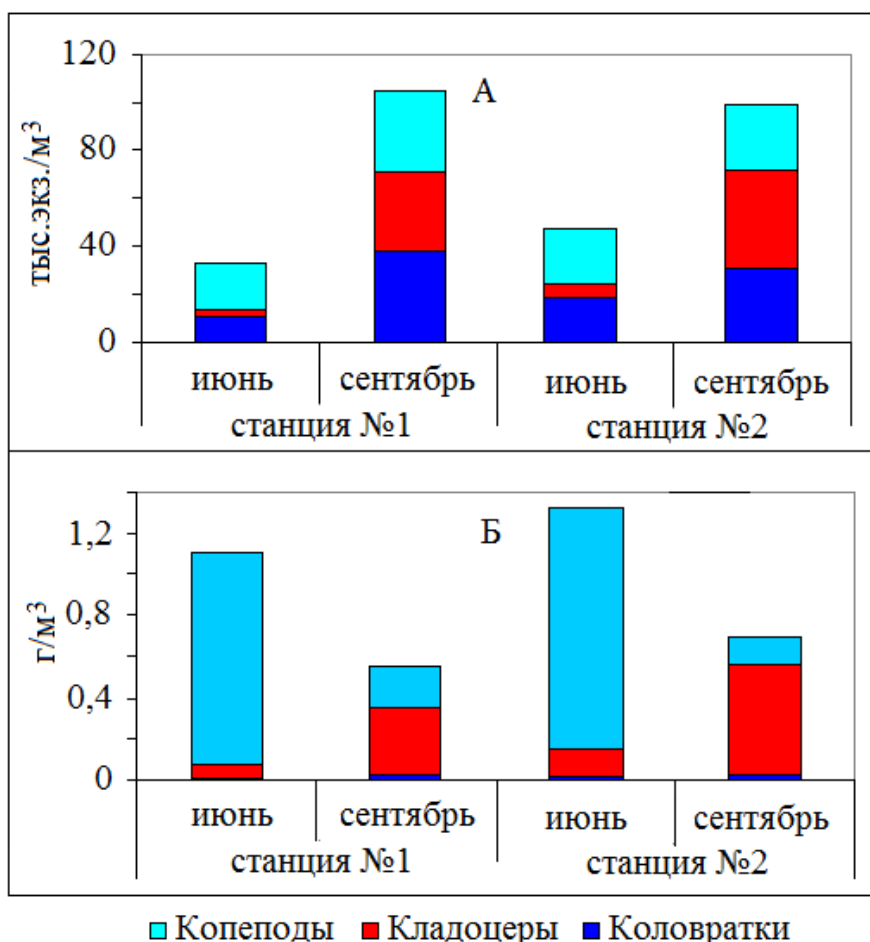


Рис. 11 – Численность, тыс.экз./м³ (А) и биомасса, г/м³ (Б) зоопланктона в проливе Бьеркезунд, в районе порта Приморск в 2017 г. [43]

2.2.3 Макрозообентос

Всего в июне и сентябре 2017 г. в составе зообентоса в порту и на прилегающей акватории пролива Бьеркезунд было отмечено 30 видов макрозообентоса. Наибольшим видовым богатством отличались группы олигохет и личинок комаров-хирономид – 13 и 6 видов, соответственно. Амфиподы были представлены 3 видами, полихеты, брюхоногие и двустворчатые моллюски – 2 видами каждая, турбеллярии и изоподы – 1 видом каждая. Все виды относились к солоновато водной или эвригалинной фауне, что соответствует измеренным на станциях значениям солености воды. [43]

Численность и биомасса макрозообентоса, хотя и варьировали в широких пределах (3020– 20280 экз./м² и 2,98–70,46 г/м², соответственно), но находились в пределах наблюдавшихся ранее значений [16] для данного

района Финского залива, как и средние для указанной акватории значения: 8675 экз./м² и 26,73 г/м², соответственно.

На станции 1, расположенной на акватории порта, в непосредственной близости от причала, характеристики обилия донных беспозвоночных были значительно выше, чем на станции 2, которая была расположена вне портовой зоны. Это связано с характеристиками субстрата и гидрологической ситуацией. На станции 1 дно пролива представлено илистыми отложениями, а также отмечено несильное течение, достаточное, чтобы осуществлять водообмен и не давать воде застаиваться. На станции 2 в оба периода исследований наблюдалось сильное течение, а грунт представлен хорошо промытым песком. В таких условиях макрозообентос представлен, как правило, инфунами, инфунами, хорошо закрепленными на/в дне, или хорошими пловцами. [16, 17].

Кроме того, в непосредственной близости от станции 1 находятся сваи пирса, на которых развились богатые сообщества обрастателей, состоящие из моллюсков *D. polymorpha*, баянусов *Balanus improvisus* и гидроидов *Cordylophora caspia*. На таких биотопах обычно развивается богатая фауна, состоящая из ракообразных, олигохет и других подвижных донных беспозвоночных. Эти виды также встречаются на дне на твердых субстратах, как антропогенного, так и терригенного происхождения, а также могут стать обрастателями рыболовных сооружений.

Акватория порта (станция 1), определенно, находится под специфической антропогенной нагрузкой. Хотя нефтепродукты в порту в воде присутствуют в объемах, не превышающих фоновые, движение судов вызывает негативное шумовое и гидродинамическое воздействие на сообщества гидробионтов. При этом обилие и видовое богатство бентоса здесь значительно выше, чем на станции 2, расположенной вне акватории порта. Однако равномерность распределения гидрологических характеристик показывает высокую степень, способствует ослаблению воздействия на биоту загрязняющих веществ и тем самым обеспечивает условия существования достаточно богатой фауны. Наблюдаемое снижение обилия бентоса с июня по сентябрь происходит за счет подвижных видов макрозообентоса и может быть связано с локальными изменениями гидрологического режима. Другим свидетельством относительного благополучия донных сообществ является то, что в зообентосе наблюдается естественный прирост биомассы сезонных групп донных беспозвоночных, например личинок комаров-хирономид.

Согласно данным предыдущих исследований, в 1997–2000 гг. в проливе Бьеркезунд наблюдались крайне низкие численности и биомассы бентоса [16, 18]. Так, например, в 1997 г. средняя по 7 станциям численность

макрозообентоса в данном районе составляла 1,25 тыс. экз./м², а биомасса – 0,31 г/м², к 2000 г. обилие макрозообентоса в районе существенных изменений не претерпело (0,80 тыс. экз./м² и 1,00 г/м²).

При этом видовой состав также был значительно беднее. На двух исследованных станциях отмечается отсутствие в пробах моллюска *Macoma baltica*. Исчезновение моллюска-фильтратора, что может быть последствием загрязнения или проведения гидротехнических работ на акватории порта.

На основании классификации, принятой в рыбохозяйственной науке [19], участок акватории пролива в районе станции 1 по запасу кормового бентоса может быть отнесен к категории высококормных. Участок в районе станции 2 варьирует от категории низкокормного до среднекормного, что связано с субстратом и сильным течением.

Состав кормовой базы рыб на обеих станция хорошего качества, так как представлен разными размерными и таксономическими группами донных беспозвоночных, что позволяет обеспечить достаточным питанием рыб разного размера и видов.

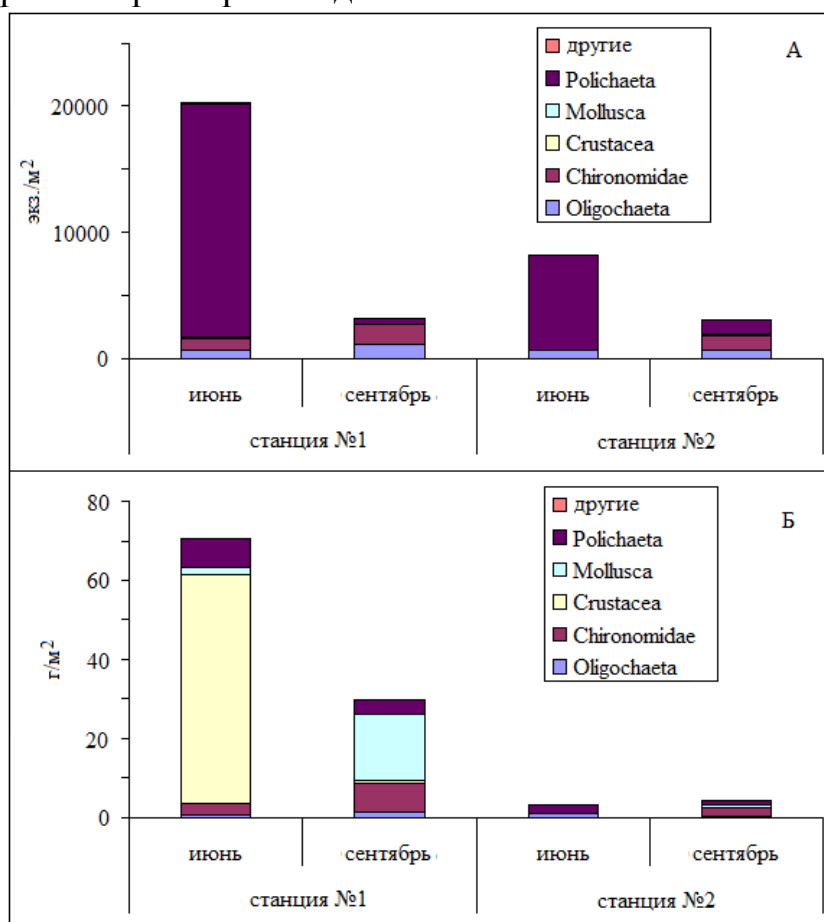


Рис. 12 – Численность, экз./м² (А) и биомасса, г/м² (Б) макрозообентоса в проливе Бьеркезунд, в районе порта Приморск в 2017 г. [43]

2.2.4. Организмы-обрастатели (эпифауна) и зообентос твердых грунтов

Всего в проливе Бьеркезунд в восточной части Финского залива в течение двух съемок в июне и октябре 2017 г. на искусственном и естественном твердом субстрате было отмечено 58 видов донных беспозвоночных. Кольчатые черви (*Oligochaeta*) были представлены 11 таксонами, многощетинковые черви (*Polychaeta*) – 2 таксонами, моллюски (*Mollusca*) были представлены 2 таксонами двустворчатых и 9 таксонами брюхоногих моллюсков, ракообразные (*Crustacea*) – 6 таксонами, личинки комаров-хирономид – 17 таксонами. В категорию «другие» вошли по 1 таксону немертин, турбеллярий, пиявок, гидр, гидроидов, личинок поденок и водных клещей, а также 2 таксона личинок ручейников и 2 таксона – личинок жуков. [43]

Численность эпифауны (донных организмов и обрастателей за весь период варьировала от 2,00 тыс. экз./м² на глубине 14,4 м на сваях пирса в июне до 27,15 тыс. экз./м² на валунах на глубине 2,5 м в октябре.

Биомасса макрозообентоса изменялась от 9,16 г/м² на сваях пирса на глубине 14,4 м в июне до 6378,30 г/м² на валунах, на глубине 2,5 м в октябре. Значительную часть численности и биомассы эпифауны на всех горизонтах твердых субстратов составляет двустворчатый моллюск *D. polymorpha*. Этот моллюск образует около 68% численности и 96% биомассы всего всех обитателей твердых субстратов. На искусственном твердом субстрате (станция 1) максимальная численность и биомасса моллюска наблюдается на среднем горизонте (7 м). Однако общая численность из-за высокой плотности изоподы *J. sarsi* на горизонте 1,5 м была несколько выше. К глубине 14 м обилие эпибионтов и непосредственно двустворчатых моллюсков достаточно значительно снижалось. На всех горизонтах с июля по октябрь количественные показатели варьировали в очень широких пределах. Наибольший диапазон наблюдался у дна на глубине 14 м. С июня по август здесь происходит более чем трехкратное увеличение численности и более чем 100 кратное увеличение биомассы. Поскольку пополнение численности не происходит исключительно за счет мелких моллюсков и на других горизонтах также наблюдаются изменения обилия, хоть и в меньших диапазонах мы предполагаем, что такие изменения объясняются крайней неоднородностью поселения двустворчатых моллюсков. В разные сезоны пробы были собраны с участков с разной плотностью поселения дрейссены. С этим были связаны отличия в численности и биомассе эпифауны.

Аналогичная картина распределения обилия бентоса наблюдалась и на естественном твердом субстрате (камнях) в октябре. Наименьшие значения численности и биомассы в обоих случаях отмечались на горизонте 14 м.

Максимальное обилие было отмечено в октябре, т.к. из-за очень сильного волнения собрать пробы в прибойной полосе не было возможности, проба была отобрана глубже – на глубине 2,5 м. На этой глубине биомасса обрастателей превышает значения 6 кг на квадратный метр. Это больше чем на любой другой глубине. [43]

После появления в восточной части Финского залива ряда чужеродных организмов на твердых субстратах образуются богатые донные сообщества обрастателей образованные в основном этими видами [20, 21]. На исследованных станциях чужеродные виды составили более 68% численности макрозообентоса или эпифауны и 80% биомассы. Формируют сообщества на всех горизонтах друзы моллюсков *D. polymorpha*. На горизонтах 1,5 и 7 м также широкое распространение имеют гидроиды *Cordylophora caspia* и гидры *Hydra sp.* на крупных дрессенах на пирса и на камнях отмечаются баянусы *Balanus improvisus*. Эти виды формируют биотопы в которых большое значение получают другие чужеродные виды, такие как: олигохеты *Paranais frici*, *Potamothrix moldaviensis*, полихеты *Marenzelleria sp.*, *Manayunkia aestuarina*, брюхоногие моллюски *Potamopyrgus antipodarum*. В настоящее время эти виды повсеместно отмечены по акватории восточной части Финского залива. [43]

Способность прикрепляться к днищам судов позволила этим организмам распространяться в новые области, и в Финском заливе они стали чужеродными видами-вселенцами, однако очень успешными [4, 17]. Сообщества обрастателей локально повышают обилие многих аборигенных видов. Многие из этих видов – важные компоненты кормовой базы рыб-бентофагов. Так, в сообществах твердых грунтов отмечено 9 видов ракообразных, из которых 4 вида амфипод и по 2 вида мизид и изопод, а также 9 видов брюхоногих моллюсков. Значительно выше в сообществах обрастателей и разнообразие личинок насекомых с полуводным циклом развития: ручейников и комаров-хирономид.

Согласно принятой в рыбохозяйственной науке классификации [19] биомасса кормового бентоса в сообществах твердых грунтов изменяется от категории «вышесреднекормной» до «крайневысококормной». Кормовая база имеет качественный видовой и размерный состав, подходящий для рыб различного возраста и размеров. Это позволяет охарактеризовать весь район как «высококормный» для рыб-бентофагов.

На искусственном субстрате – металлических сваях пирса - доминируют те же виды, что и на камнях: дрейссена и гидроиды. Из подвижных видов практически на всех станциях и в оба сезона отмечались виды, обычные для твердых грунтов восточной части Финского залива – это

олигохеты *S. lacustris*, гастроподы *P. antipodarum*, изоподы *J. sarsi* и амфиподы *G. oceanicus*. Таким образом, отличие в сообществах на искусственных и естественных грунтах по составу доминирующих групп умеренны и образуются преимущественно за счет видов, не вносящих в обилие сообщества существенный вклад. Из зафиксированных отличий можно отметить разницу в 1,5–2 раза по количеству видов эпибионтов на сваях пирса и камнях. Эти отличия обусловлены отсутствием на железе многих видов, характерных для илисто-песчаного грунта и растительных сообществ, таких как олигохеты *Nais elinguis*, *Paranais frici*, *Potamothrix moldaviensis*, *Spirosperma ferox*, *Vejdovskyella comate* и брюхоногие моллюски *Cincinna skorikovi*, *Onoba aculeus*, *Planorbarius grandis*, *Theodoxus fluviatilis*. Очевидно, что пополнение этих видов на камнях происходит с близлежащих мягких грунтов и растительных сообществ и затруднено на вертикальных стенках пирса.

Несомненно, биоценоз обрастания – наиболее богатый и продуктивный из всех в исследуемой акватории. Таким образом, на субстратах искусственных рифов и конструкциях садков, которые планируется расположить на акватории порта Приморск ПАО «Транснефть», следует ожидать появления сообществ обрастаний с биомассой от 0,5 до 6-7 кг на квадратный метр. Наименьшую плотность и биомассу эти обрастания будут иметь на глубине от 10 и до 1,5 м глубины. Расположение искусственных рифов и садков поблизости от гидротехнических конструкций может поднять биомассу доступного для рыбы подвижного макрозообентоса за счет личинок насекомых и ракообразных, привлекаемых сообществами обрастателей.

2.3 Гидрохимические исследования

Сравнительные результаты анализа проб воды на станциях в порту и в проливе у о. Равица по горизонтам 0,5 – 7 – 14 м представлены в сводной Таблице 1.

Таблица 1 - Результаты гидрохимического анализа на исследованных водных участках (жирным шрифтом выделены ПДК, установленные для морей или их отдельных частей (Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 N 20))

Определяемый показатель	Результат КХА						ПДК рыбхоз
	В порту			В проливе (о. Равица)			
Горизонт (глубина, м)	0,5	7	14	0,5	7	14	
Температура, °С	10,1	4,6	3,4	12,2	4	2,2	-
рН (водородный показатель)	8,08	7,81	7,22	7,89	7,61	7,43	6,5-8,5

ХПК (бихроматная окисляемость), мг O ₂ /л	19	20,1	22	26,1	25,2	24,6	30
БПК ₅ , мг O ₂ /л	1	1	1	1	1	1	2
Железо общее, мгFe/л	0,03	0,022	0,039	0,049	0,021	0,027	0,05
Нефтепродукты, мг/л	0,03	0,015	0,013	0,013	0,016	0,008	0,05
Хлорид-ион, мг/л	1494	1543	1724	1409	1534	1729	11900
Аммонийный азот, мгN/л	0,079	0,096	0,094	0,09	0,098	0,092	0,39
Нитраты, мгN/л	0,028	0,043	0,05	0,039	0,046	0,046	1
Нитриты, мгN/л	0,003 3	0,0035	0,0033	0,0032	0,0033	0,0034	0,02
Алюминий, мг/л	0,015	<0,01 0	<0,01 0	<0,01 0	<0,01 0	<0,01 0	0,04
Фосфат-ион, мг/л	0,017 2	0,0177	0,0336	0,0105	0,0247	0,0304	0,2
Взвешенные вещества, мг/л	7,3	3,8	1,6	4,5	<0,05	3,7	10
Медь, мг/л	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005
Марганец, мг/л	0,034	0,043	0,047	0,045	0,043	0,061	0,05
Соленость, г/л (промилле)	2,56	3,86	4,37	2,83	3,85	4,36	-
Сульфаты, (сульфат-ион) мг/л	244	269	271	205	259	272	3500
Фосфор общий, мг/л	0,014 4	0,0069	0,0134	0,0056	0,0091	0,0111	0,05
Растворенный O ₂ , мг/л	7,22	10,3	10,2	9,73	10,5	9,44	6
Сухой остаток, мг/л	3146	3904	3992	3050	3884	3958	-
Цветность, град.	33	22	25	27	29	27	80

Глава 3: Предложения по организации технической аквакультуры для биоиндикации района сброса сточных вод ПАО «Транснефть»

3.1. Разработка предложений по технологии проведения экологического мониторинга акватории пролива Бьеркезунд Финского залива

Оценка экологических последствий деятельности на объектах нефтяной промышленности представляет собой актуальную задачу для правильного планирования и эффективного проведения природоохранных мероприятий.

Основные виды негативного воздействия морского порта на окружающую среду:

- 1) выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ и иных веществ;
- 2) сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади;
- 4) загрязнение недр, почв;
- 5) размещение отходов производства и потребления;
- 6) загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитными, ионизирующими и другими видами физических воздействий;
- 7) иные виды негативного воздействия на окружающую среду. [44]

За выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты установлено два вида нормативов платы: в пределах установленных допустимых нормативов, в пределах установленных лимитов.

Деятельность на объектах нефтяной промышленности находится под надзором государственных контролирующих органов и экологических организаций. Однако, роль государственного мониторинга недостаточна для полного контроля и ликвидации загрязнения морских акваторий. Для поддержания экологического равновесия прибрежно-морской геосистемы нефтепромышленным компаниям и морским нефтепортам, осуществляющим производственную деятельность на морских акваториях, необходимо создание собственных мониторинговых систем, что отвечает современной концепции устойчивого развития береговых зон [22].

В условиях возросшей антропогенной нагрузки качество морских экосистем напрямую связано с охраной их ключевых биотопов и формированием сети охраняемых акваторий. Любой морской нефтепромысел

или портовый нефтеналивной терминал – с точки зрения воздействия на окружающую среду, представляет потенциальную опасность, и Спецморнефтепорт «Приморск», расположенный в проливе Бьеркезунд Финского залива не исключение. Создание полигонов (плантаций) аквакультуры – эффективный инструмент экологического мониторинга на подобных объектах.

3.1.1 Предложения по технологии проведения экологического мониторинга акватории пролива Бьеркезунд Финского залива

Технология проведения экологического мониторинга в районе нефтеналивного терминала спецморнефтепорта «Приморск» должна рассматриваться с учетом специфических условий акватории пролива Бьеркезунд Финского залива. В первую очередь – это риски, связанные с непростой ледовой обстановкой. Для проводки танкеров к нефтеналивному терминалу в зимнее время используются ледокольные суда, вследствие чего образуется множество обломков дрейфующего льда, которые вместе с ледяной шугой формируются в подводные торосы.

Ледовый режим района определяется географическим положением, климатическими условиями, глубиной и рельефом дна, распресняющим действием берегового стока, интенсивностью теплообмена с открытой частью Финского залива, циркуляцией вод. Районы Финского залива характеризуются более суровыми ледовыми условиями, чем Балтийское море как таковое. Показателем суровости ледовых условий является объем образующегося льда, что учитывает как площадь, так и толщину (мощность) ледяного покрова. Часть залива от устья р. Невы до о. Мощный даже в теплые зимы ежегодно покрывается сплошным ледяным покровом. Ледообразование всегда распространяется со стороны Невской губы. Своего наибольшего развития ледяной покров достигает с середины февраля до апреля. При неустойчивой погоде в теплые зимы ледообразование может продолжаться до января. В суровые зимы ледяной покров распространяется до о. Гогланд и о. Вайндло. Обычно период ледостава продолжается с середины ноября до конца первой декады мая. Продолжительность ледового периода исчисляется от 141 до 165 дней в году. Толщина льда зависит от суммы градусо-дней мороза и в период максимального развития ледостава по годам может изменяться от 30 до 100 см. Обычно максимального развития толщина ледяного покрова достигает в марте, в суровые зимы - в начале апреля. Торосистость льда в восточной части Финского залива в среднем составляет 2-3 балла. Для оценки трудности ледового плавания торосистость учитывается в качестве некоторой добавки к толщине ровного льда. Плавающие льдины порой представляют значительную угрозу для судоходства и ограничивают действие рыболовного флота. Ледовая угроза

является главным лимитирующим фактором для круглогодичного садкового рыбоводства на акватории пролива Бьеркезунд Финского залива. Здесь практически невозможно найти участки, не подверженные воздействию дрейфующего льда или торосов.

Это обстоятельство делает невозможным использование традиционных садковых технологий или погружных садковых конструкций, где система удержания имеет привязку к буям, расположенным на поверхности воды. Для снижения рисков при проектировании и конкретном использовании гидро-биотехнических средств (ГБТС) для оснащения полигона аквакультуры у спецморнефтепорта «Приморск» следует использовать опыт российских разработчиков и производителей, в частности - погружную рыбоводную систему «Садко», предназначенную для использования в тяжелых ледовых и штормовых условиях.

Традиционные садки, плавающие на поверхности водоема, не в состоянии противостоять напору дрейфующих льдов в проливе Бьеркезунд. Данная проблема может быть решена только путем использования погружных садковых систем, созданных на основе подводной технологии [24].

3.1.2. Сравнение традиционной и подводной технологий аквакультуры применительно к содержанию объектов биотестирования Инженерно-биологические аспекты рыбоводства на открытых акваториях

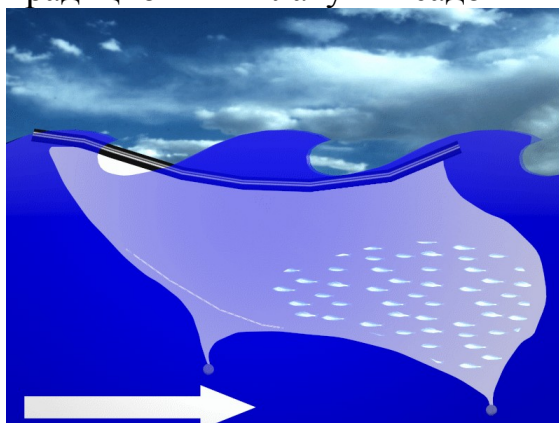
Среди современных видов садковых систем имеются и плавающие штормоустойчивые конструкции, однако при решении задачи их сохранности инженерный подход превалирует, в то время как биологические аспекты упускаются. Штормоустойчивость достигается за счет повышенной жесткости трехмерной структуры каркаса. Но рыбы в таких садках остаются незащищенными от волнового воздействия, они испытывают повышенный стресс, подвергаются «морской болезни» (их вестибулярный аппарат страдает от укачивания), травмируются о полотно сетного мешка. Известно много случаев, когда надежно закрепленные на поверхности моря садки превращались во время шторма в «стиральную машину» и полностью перетирали содержащихся в них рыб.

Общим недостатком всех видов наплавных садков является «привязка» к поверхности, где рыбы подвергаются перегреву и повышенной инсоляции в летний сезон, а сами садки (сети) могут быть повреждены плавающими бревнами или мусором, а в холодных водоемах - дрейфующими льдами. К этому можно также прибавить риск воровства рыбы из легкодоступных плавающих садков, особенно - в удаленных районах, где трудно организовать надежную охрану рыбоводной фермы.

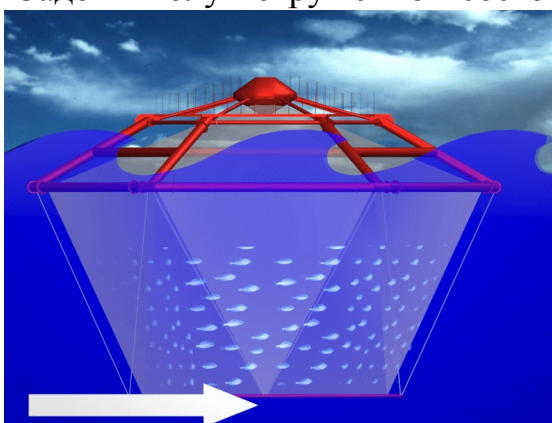
Использование погружных садков не только снимает все перечисленные проблемы и риски [25], но позволяет также значительно увеличить выход товарной продукции за счет более комфортных условий и повышенной плотности посадки рыб. (Таблица 2)

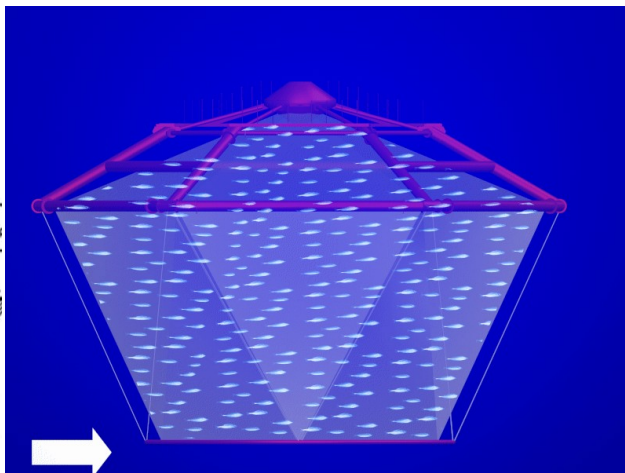
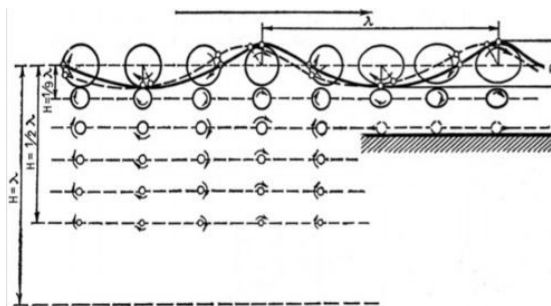
Погружные рыболовные садки системы САДКО, разработанные и построенные российским предприятием ПАО «Садко», состоят из стального каркаса и нейлоновой сетки, растянутой внутри каркаса. Садки предназначены для установки под водой на различных глубинах, но безопасная глубина должна определяться с учетом специфики выбранного для установки участка. Садки могут устанавливаться группами с общими элементами швартовно-якорной системы и подводными буюми. Садки могут быть легко подняты на поверхность воды для различных рыболовных операций. При необходимости сети могут быть заменены в период выращивания рыбы. Сетка, растянутая внутри каркаса, не колеблется при волне и не травмирует и даже не беспокоит рыбу. Благодаря этому можно удвоить плотность посадки рыбы и выход продукции на единицу объема [24].

Традиционный плавучий садок



Садок в полу-погруженном состоянии





Подводный садок

Рис. 13 - Сравнение формы сети и плотности посадки рыб в садках различных систем [44]

Таблица 2. Сравнительный анализ погружных и традиционных плавучих садков для условий Финского залива

Погружные садки	Плавучие садки
Достоинства	
1. Безопасность конструкций и сооружений во время штормов и подвижек льда	1 - Традиционный и широко известный способ хозяйствования
2 - Безопасность рыб во время штормов и подвижек льда	2 – Умеренная стоимость оборудования
3 - круглогодичное выращивание лососевых и др. холодолюбивых видов рыб	
4 – Недоступность для вандализма и воровства	
5 – Повышенная плотность посадки рыб и выход продукции (+ 60-80%)	
6 – Комфортные условия для рыб и высокое качество выращенной продукции	
Недостатки	
1 - Относительно высокая стоимость морской фермы	1 – Риск повреждения рыбы во время штормов и подвижек льда
2 – Специальные требования к глубине места установки	2 - Риск повреждения конструкций во время штормов и подвижек льда
3 - Требуется подготовка персонала	3 - Риск кражи и вандализма
	4 – Риск перегрева для холодолюбивых видов рыб
	5 – Низкая плотность посадки рыб и выход продукции

Садки могут быть как с простой системой для ручной подачи корма, так и с автоматической системой кормления рыб (с автономным кормораздатчиком, либо через кормопровод). Надежная защита всех систем САДКО достигается за счет их непрерывной работы под водой, что является нормальным рабочим положением для системы. Это снижает риск повреждения волнами, дрейфующим льдом или нефтяными пятнами и дает возможность успешного рыбоводства в штормовых районах с волнами до 15

метров. Положение системы САДКО может плавно регулироваться по глубине, что исключает возможность баротравмы рыб при резком всплытии садка.

По мнению экспертов ФАО, преимущества систем SADCO заключаются в их универсальности для всех акваторий (также и для крайне незащищенных), также они надежны и долговечны, имеют низкий эффект визуального воздействия [26].

Рыбоводная система САДКО требует минимальных затрат на обслуживание: подъем садков к поверхности, вылов рыбы и другие операции выполняются аналогично с обычными поверхностными садками.

3.1.3. Комплексное использование искусственных рифов и погружных садков

Искусственные рифы (ИР) относятся к особому классу конструкций, применяемых в аквакультуре, и представляют собой искусственные биотопы (ИБ), которые изготавливаются из различных материалов и могут быть размещены на поверхности воды, в водной толще и на дне. Это могут быть как специально изготовленные для этих целей конструкции (плоты, искусственные водоросли, стальные рифы), так и предметы, уже не использующиеся по своему прямому назначению — бетонные блоки, автопокрышки, затонувшие суда.

Применение искусственных биотопов позволяет:

- улучшить условия воспроизводства рыбных запасов;
- сократить промысловое усилие благодаря переносу лова в конкретное более удобное место;
- предотвратить траление и иные виды промысла рыбы там, где промышленное изъятие подрывает темпы ее воспроизводства;
- смягчить последствия экологических катастроф;
- контролировать процессы береговой эрозии;
- создавать полигоны для научных исследований;
- улучшить условия для отдыха и туризма.

Рыбоводам (и рыболовам) давно известны дешевые способы приманивания и поддержания нереста рыбы с помощью нехитрых искусственных нерестилищ типа елового лапника (в южных странах — пальмовых ветвей), старых тросов и сетной дели. Размещение дели в воде может быть по типу «загонов» и «ловушек». Масштабная установка искусственных сетных нерестилищ и нерестилищ-ловушек была применена в середине 1980-х гг. О. Ф. Иванченко в Кандалакшском и Онежском заливах Белого моря для поддержки нереста селёдки-беломорки, лишившейся естественных нерестилищ в результате сокращения площадей подводных

зарослей морской травы-зостеры (взморника).[44] Возможно использование искусственных биотопов типа «донный риф» в комплексе с рыбоводными садками и объектами нефтегазового сектора (рис. 14) [27,28].

Комбинирование рыбоводных садков с искусственными рифами является одним из способов решения проблемы преобразования отходов и улучшения экологической ситуации. Рифы, установленные вокруг садка, заселяются различными фильтрационными организмами. Отходы из садка могут использоваться в качестве корма для этих организмов и способствовать укреплению пояса биофильтраторов, тем самым повышая способность к самоочищению морского района. В настоящее время наиболее передовые системы называются интегрированной мультитрофической аквакультурой (ИМТА). В них сочетают выращивание вскармливаемых видов (например, рыб) с экстрагирующими видами, которые (например, морские водоросли) потребляют неорганические или (например, мидии и детритофаги) органические избытки питательных веществ из отходов аквакультуры.

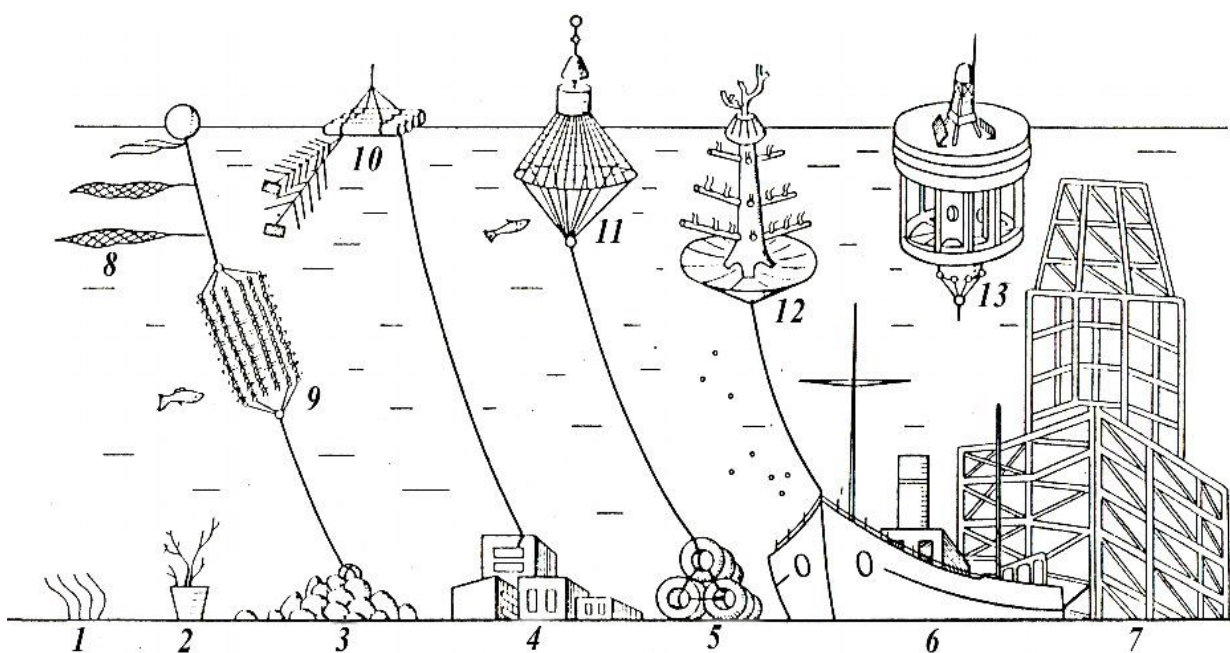


Рис. 14 - Искусственные биотопы в прибрежной зоне: с 1 по 7 — искусственные донные рифы (1 — искусственные водоросли; 2— посадки донной растительности; 3 — куча камней; 4 — бетонные блоки; 5 — старые автопокрышки; 6 — затопленные суда; 7 — частично демонтированные нефтяные платформы) 8 и 9 — биотопы водной толщи (8 — куски деля; 9 — плетёные корзины) с 10 по 13 — плавающие поверхностные биотопы (10 — плот; 11 — устройство «медуза»; 12 и 13 — плавучие острова) [47]

Искусственные рифы в Финском заливе.

Впервые предложения по использованию искусственных рифов в Финском заливе были выдвинуты А.Е. Анцулевичем и Л.Ю. Бугровым в целях биологической мелиорации (санитарной аквакультуры) как возможный инструмент для улучшения качества воды в Невской губе [29, 30]. Предлагалось установить серию рифовых модулей вблизи Ленинградской дамбы (комплекса защитных сооружений от наводнений) и заселить искусственные субстраты фильтрующими гидробионтами (рис. 15).

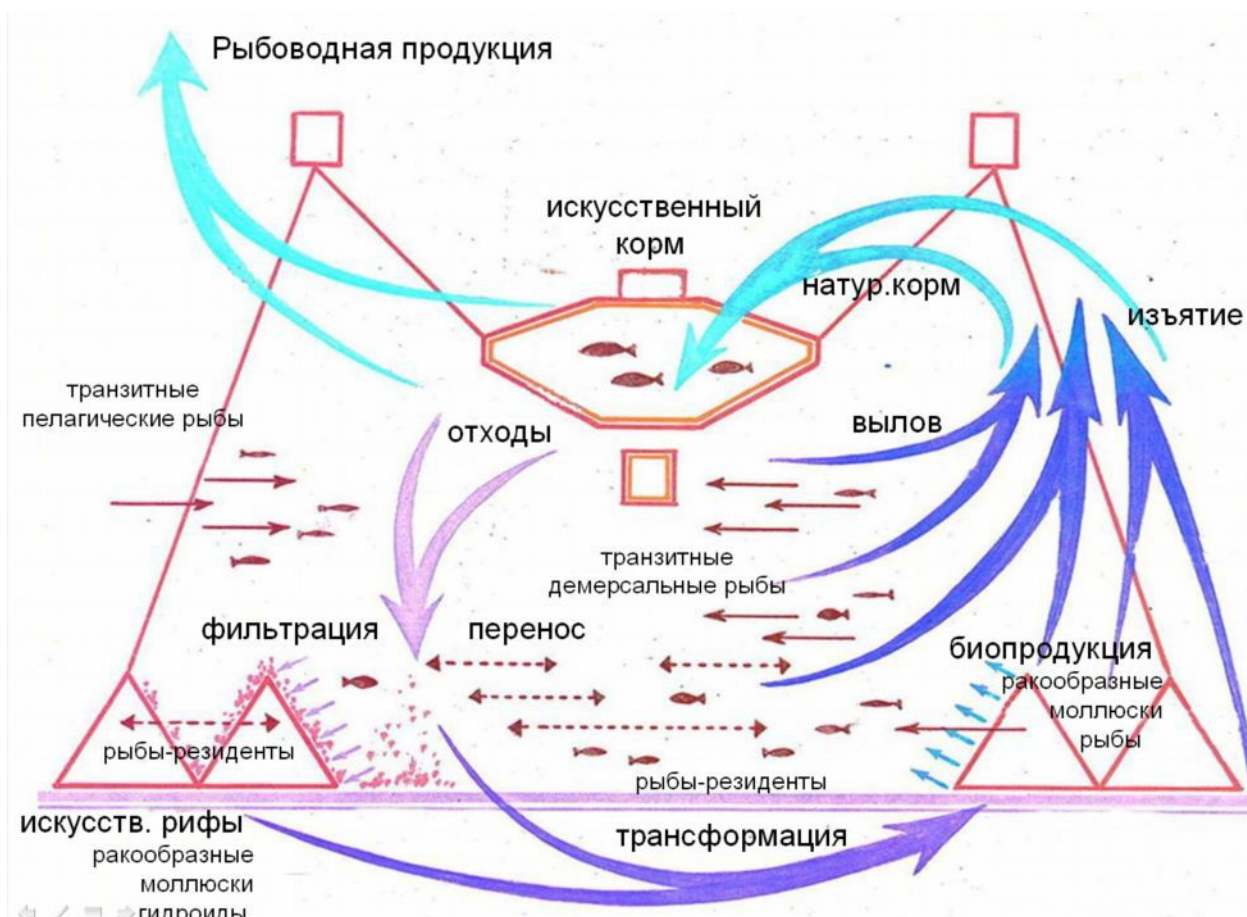


Рис. 15 - Схема трофических связей на комплексе искусственных рифов с погружным рыбоводным садком [25]

В качестве перспективного вида для заселения ИР и выполнения функций санитарной аквакультуры была выбрана дрейссена полиморфная – двустворчатый моллюск, который в Балтийском море и Финском заливе является видом-вселенцем понто-каспийского происхождения. В Финском заливе он впервые был обнаружен относительно недавно Анцулевичем и Лебардиным (1990), сначала в Курортном районе Санкт-Петербурга, затем в восточной части Финского залива, а вскоре и в водах Финляндии. В настоящее время дрейссена занимает всю восточную часть Финского залива до Невской губы на востоке [44].

В экспериментальных целях попытки культивирования *D. polymorpha* на искусственных субстратах (искусственных рифах) были проведены А.Е.Анцулевичем и С.М.Чивилевым в Лужской и Копорской губах Финского залива, а также А.Е.Анцулевичем, П.Вялипаккой и Ю.Вятиненом – в юго-восточной Финляндии. Дальнейшие опыты культивирования были остановлены из-за окончания проекта. Тем не менее, предложенная концепция рифового модуля представляет определенный интерес с точки зрения возможности утилизации загрязняющих веществ, накопленных на ИР в тканях организмов-обрастателей. Субстраты, размещаемые на панелях искусственного рифового модуля специального назначения, было предложено делать в съемном исполнении, благодаря чему загрязняющие вещества, накопленные за время экспозиции ИР, могут быть извлечены из воды и удалены на берег без необходимости демонтажа основного каркаса рифового модуля.

Погружные садки в комплексе с искусственными являются решением для создания полигона (плантации) аквакультуры в специфических условиях пролива Бьеркезунд Финского залива. В садках будут размещены подобранные для выращивания с целью биотестирования виды рыб, а на специальных субстратах искусственных рифов заселятся местные виды гидробионтов.

3.2. Подбор видового состава объектов аквакультуры для проведения мониторинга

Прежде всего необходимо отметить, что в восточной части Финского залива аквакультура не развита. На его акватории единично возникали и исчезали мелкие рыбоводные хозяйства. Еще в советские годы товарным рыбоводством в садках занимался «Рыбколхоз им. Ленина» на рыбоводном хозяйстве (рыбопромысловом участке) у пос. «Прибылово» в Выборгском заливе. Ныне этот рыбопромысловый участок принадлежит компании ПАО «АЛЬКОР-ФАРМ». Основными объектами выращивания на этом хозяйстве суммарной мощностью 35-40 т являются форель и муксун [31].

Аквакультуры водорослей и беспозвоночных в восточной части Финского залива не существует и не существовало никогда из-за отсутствия в местной флоре и фауне перспективных для товарного хозяйства видов. Единственный из встречающихся в Финском заливе видов, используемых в мировой аквакультуре, это - голубая мидия (*Mytilus trossulus*). Однако мидии не обитают в российских водах Финского залива. К западу от российских вод в градиенте солености залива мидии только появляются у северного берега примерно в районе города Порвоо (Финляндия), а у южного

берега - в западной части Нарвского залива (собственные данные Эстонии). При этом мидии центральной и западной частей Финского залива, обитающие в нем на границе по солёности своего экологического ареала, сильно угнетены и резко отличаются по размерам (в 3-5 раз) и темпам роста от своих собратьев из «нормальных» по солёности морей. [44] Балтийские мидии не имеют коммерческого значения, так как их аквакультура даже в западной части моря никак не могла бы конкурировать с мидиевыми хозяйствами всех других морей, где обитают мидии.

Однако задачи аквакультуры гидробионтов в пролив Бьеркезунд не коммерческие, а мониторинговые. Поэтому ниже мы рассмотрим практически все виды восточной части Финского залива и пролива Бьеркезунд, относящиеся к макрофитам и макрзообентосу, которые, хотя бы теоретически, могли бы культивироваться в р-не нефтяного порта Приморск для целей экологического мониторинга биологическими методами.

Выбор потенциальных объектов для такой аквакультуры осуществляется по следующим критериям:

- вид аборигенный (нативный), постоянно и, желательно, круглогодично обитающий в регионе;
- вид-вселенец, достаточно давно (более 10 лет) натурализовавшийся в регионе и процветающий в нем;
- вид достаточно массовый для того, чтобы обеспечить его посадку в аквакультуре;
- особи достаточно крупные (макроформы) для размещения их в садках и наблюдения;
- формы, желательно, не закапывающиеся в грунт, так как искусственное содержание их под водой в грунте требует дополнительно защиты от размывания последнего течениями;
- объекты уже успешно освоенные аквакультурой в этом регионе (в рассматриваемом регионе это может относиться только к рыбам);
- вид не должен находиться в регионе на границе своего географического или экологического ареала, то есть - в «зоне негарантированного выживания» в естественной среде;
- вид должен обладать достаточной эврибионтностью и широкой толерантностью к основным факторам среды, которая может естественным образом флуктуировать сезонно или межгодуично в широких пределах.

Руководствуясь знаниями по биоразнообразию и экологии фауны и флоры восточной части Финского залива и пролива Бьеркезунд в частности, а также названными критериями, целесообразно составить краткий обзор видового состава потенциальных объектов аквакультуры для проведения мониторинга.

3.2.1. Водные растения макрофиты.

Из всего списка макрофитов можно выбрать лишь литофильные водоросли, обитающие на твердых субстратах, - на скалах и камнях, а также на субстратах антропогенных. Укореняющиеся высшие водные и водно-воздушные растения прибрежной полосы здесь не рассматриваются. Заходящая на значительные глубины морская трава *Zostera spp.* так же, как и мидии, появляется только в водах Финляндии и Эстонии.

3.2.2. Бурые водоросли (Pheophyta)

Fucus vesiculosus L.

Фукус – массовая водоросль верхней sublиторали Балтийского моря, встречается также и в Финском заливе, заходя на краю своего ареала и в российские воды восточной части Финского залива.

В российской части Финского залива *F. vesiculosus* в виде слабо развитых и низких талломов встречается в Копорской губе, более развитые и высокие растения обитают в Лужской губе, но только в её северной, удаленной от устья р. Луги части из-за локального опреснения [4]. В северо-западной части Нарвского залива и берегов Кургальского полуострова фукусы образуют довольно массовые поселения на маренных каменных грядках на глубинах 1- 4 м (данные А.Е. Анцулевича). Интересно, что граница распространения фукуса проходит практически в р-не г. Приморск. Так, на внешней стороне о. Большой Березовый и Малый Березовый он встречается, а на внутренней стороне в пролив Бьеркезунд и акватории порта Приморск – нет [32]. Такие серьезные экологические различия как прохождение границы экологического ареала вида вызваны совершенное мизерным понижением солености на внутренней стороне архипелага Березовые о-ва, по сравнению его внешней, мористой стороной [48]. Из-за ограниченности распространения в регионе фукус пузырчатый включен в Красную Книгу Ленинградской области, а также в список ХЕЛКОМ видов, находящихся под угрозой [33]. Естественно, при такой ситуации *Fucus vesiculosus* не может быть видом-монитором акватории порта Приморск.

3.2.3. Зеленые водоросли (Chlorophyta)

У представителей рода Ульва (*Ulva L.*) слоевище пластинчатое, из двух слоев плотно соединенных клеток, крупное, грубое, с ясно выраженным или незаметным стебельком и подошвой. Водоросли однолетние, встречаются почти во всех морях России. Род содержит примерно 30 видов, из них в морях России 3 вида, в Финском заливе распространен один вид – *U. intestinalis*.

Зеленые водоросли ввиду своего состава фотосинтетических пигментов обладают наименьшей чувствительностью к восприимчивости солнечного света и, следовательно, наименьшей глубиной в вертикальном распространении по сравнению с бурыми и, особенно, красными водорослями. *U. intestinalis* формирует узкие талломы длиной до 30 см; она распространена по всей восточной части Финского залива, и ее массовые поселения на камнях у уреза воды служат показателем эвтрофирования вод. В акватории порта Приморск данный вид обитает близ берегов и в обрастании портовых сооружений. Это означает, что его культивирование на твердых субстратах в пролив Бьеркезунд вполне осуществимо.

Другие виды этого рода, например *Ulva lactuca L.* - ульва салатная, употребляются человеком в пищу как приправа к блюдам и источник витаминов. Водоросли рода *Ulva* служат объектами марикультуры в Японии и других странах [43], однако примеры культивирования этого вида, а также любых водорослей в Финском заливе в пищевых или сырьевых целях отсутствуют.

Зеленые водоросли служат показателем уровня эвтрофирования вод, а их плотные поселения могут указывать на участки и источники повышенного поступления биогенных элементов. Водоросли также оказываются накопителями опасных загрязнителей, главным образом, тяжелых металлов. При использовании *U. intestinalis* для экологического мониторинга вод пролива Бьеркезунд, очевидно, необходимо сочетать биологические методы, такие, как изучение структурные показатели поселений водорослей, с химическими методами анализа тканей водорослей по наиболее значимым для исследуемой акватории контаминантам.

Нитчатые зеленые водоросли рода *Cladophora* насчитывают в Финском заливе 3 вида, из которых один - *Cladophora aegagropila L. Rabenh* - очень редок, включен в Красную Книгу Ленинградской области [32] и тем самым исключается из возможности использования в экологическом мониторинге.

Вид *Cladophora glomerata (L.)*, напротив, массовый и встречается в Финском заливе шире, чем *Ulva intestinalis*, видом очень схожим с ним по экологии. Бахрома кладофоры наблюдается на твердых субстратах, начиная с уреза воды, но в режиме прозрачности вод восточной части Финского залива

обычно сходит на нет к глубине 2-3 м. К *C. glomerata* и возможности ее культивирования и использования в мониторинге относится всё, написанное выше об *Ulva intestinalis*.

Третий вид кладофоры – *C. rupestris* (L.) - гораздо менее массовый в Финском заливе, чем *C. glomerata*, но в отличие от последнего способен обитать на твердом субстрате до глубины 5 м.

3.2.4. Беспозвоночные животные

Из-за низкой солености в Финском заливе не обитают многие крупные таксоны беспозвоночных, типичные для морей с нормальной океанической соленостью, а имеющиеся таксоны представлены очень малым числом видов и животными не крупных размеров. Большинство биотестов среди беспозвоночных разработаны для мелких тест-объектов и их содержания в аквариумах и тестирования в лабораторных условиях. Сами тесты проводятся в совсем малых объемах воды (50-100 мл) и сосудах наподобие лабораторных чашек Петри. Для условий же аквакультуры непосредственно в природе нужны другие, более крупные организмы. Поэтому в качестве объектов для биологического мониторинга в аквакультуре в нашей работе не рассматриваются дафнии и другие планктонные рачки, личинки хирономид, рачки-бокоплав, аквариумные рыбки *Danio rerio* и прочие лабораторные объекты.

Исходя из имеющегося опыта, лишь две крупные группы водных организмов могут представлять интерес для аквакультуры в открытом море в целях мониторинга: относительно крупные двустворчатые моллюски (*Bivalvia* или *Lamellibranchia*) и относительно крупные высшие ракообразные (*Crustacea*; *Malacostraca*). Под «относительно крупными» подразумеваем размеры взрослых особей от 1,5 – 2 см и более.

3.2.5. Двустворчатые моллюски (*Bivalvia*).

Перечень видов двустворок, обитающих в районе пролив Бьеркезунд, очень невелик.

Два вида семейства Unionidae – крупные моллюски *Unio pictorum* и *Anadonta anatina* - распространены в р. Неве, Невской губе, в переходном районе восточной части Финского залива и устьях рек, впадающих в залив. Несмотря на то, что *Anadonta sp.* была отмечена в районе Бьеркезунда, для обоих пресноводных видов этот район с соленостью 2.5-4.0 ‰ либо не пригоден для обитания, либо они там находятся на границе своей экологической толерантности по этому фактору. Оба вида, особенно *Unio*, закапываются в песок. Обе эти крупные двустворки не могут быть рекомендованы для аквакультуры в проливе Бьеркезунд.[34]

Dreissena polymorpha (Pallas) (ракушка-зебра, или странствующая ракушка) дрейссена полиморфная – в Балтийском море и Финском заливе вид-вселенец понто-каспийского происхождения. В Финском заливе он впервые был обнаружен относительно недавно Анцулевичем и Лебардиным (1990), сначала в Курортном районе Санкт-Петербурга, затем в восточной части Финского залива, а вскоре и в водах Финляндии.

Примечательна экологическая граница распространения дрейссены на запад в водах Финляндии и Эстонии. Она имеет вид и «косое» наклонное направление линий изогалин в Финском заливе, то есть, распространение дрейссены точно следует за распределением солености в заливе. Дрейссена занимает всю восточную часть Финского залива до Невской губы на востоке. На западе граница ее продвижения находится в районе архипелага Пеллинки у северного финского берега и в западной части Нарвского залива – у южного эстонского берега. Любопытно, что западная граница дрейссены практически совпадает с восточной границе распространения мидий в Финском заливе и проходит по районам с соленостью 5,0-5,5 ‰. Для дрейссен такая соленость оказывается предельно высокой, для мидий – предельно низкой, и оба вида на границе экологического ареала находятся в угнетенном состоянии. Вдоль этой границы пресноводные дрейссены и морские мидии встречаются друг с другом с двух противоположных сторон; такое их сораспределение в Финском заливе было названо «зеркально-антагонистическим». [44]

Однако в зоне толерантности *D. polymorpha*, в которую входит вся российская восточная часть Финского залива, эти моллюски процветают и при наличии твердого субстрата способны образовывать массовые и плотные поселения, в том числе - в пролив Бьеркезунд.

Моллюски семейства Dreissenidae одни из очень немногих пресноводных моллюсков имеют жизненную форму и жизненный цикл, очень близкие к морским мидиям. Это выражается в способе прочного прикрепления к субстрату биссусовыми нитями, способности образования друз, наличия планктонной свободноживущей личинки – велигера, и даже в форме раковины. В условиях Финского залива дрейссены живут до 6-8 лет и достигают размеров до 30 мм, что, правда, заметно меньше размеров нормальных мидий и даже размеров дрейссен в южных частях ареала, например, в бассейнах Волги и Дона.

Попытки культивирования *D. polymorpha* на искусственных субстратах (искусственных рифах) уже проводились А.Е.Анцулевичем и С.М.Чивилевым в Лужской и Копорской губах Финского залива, а также А.Е.Анцулевичем, П.Вялипаккой и Ю.Вятиненом – в юго-восточной

Финляндии. [4]. Был успешно получен на искусственных субстратах спат дрейссен летней генерации, который наблюдался вплоть до ледостава. Дальнейшие опыты культивирования были остановлены из-за окончания проекта.

Вышесказанное позволяет рассматривать вид *D. polymorpha* как кандидата №1 среди беспозвоночных на использование в аквакультуре в пролив Бьеркезунд и районе нефтеналивного порта Приморск. Можно предположить, что эти моллюски уже там обитают в обрастаниях подводных частей портовых сооружений. Помимо рассмотренных видов *Bivalvia*, в пролив Бьеркезунд и сопредельных водах обитает еще несколько видов двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Они тоже не выпущены нами из внимания, но из-за своих размеров и/или экологии на данном этапе не могут быть рекомендованы в качестве перспективных объектов для экспериментальной аквакультуры.

3.2.6. Ракообразные (*Crustacea; Malacostraca*)

Низшие планктонные ракообразные и некрупные формы высших раков, используемые в биотестировании, могут содержаться в лабораторных культурах в небольших аквариумах. Здесь они не рассматриваются, так как малопригодны для аквакультуры открытого моря, прежде всего - из-за малых размеров. В российской части Финского залива обитает очень немного (2-3) видов высших раков отряда Isopoda, наиболее крупный из которых – *Saduria entomon* (русское название «морской таракан») - достигает длины 5 см. Этот вид обладает высокой эвригалинностью, что позволяет ему обитать в эстуариях многих рек Северного полушария, и в том числе Балтийском море. Он встречается по всему Финскому заливу и иногда образует скопления.

Морской таракан – абориген и ровесник Финского залива в геологическом времени. Он также отмечен в Выборгском заливе и проливе Бьеркезунд, преимущественно на глубинах ниже термоклина [34]. Несмотря на то, что сведений о культивировании этого ракообразного в открытой воде у нас не имеется, использование садурий в аквакультуре вблизи нефтеналивного порта Приморск представляется возможным. При этом ожидаются технические сложности, так как ракам сложно передвигаться по ячеистому полотну садков, а также из-за их возможности вылезать в самые малые щели.

Китайский мохнаторукий краб *E. sinensis* в Балтийском море – вид-вселенец, отнесенный к инвазийным. В Балтийском море он появился в начале XX века в портах Германии, куда, вероятно, был завезен судами из Японии. Родина краба – дальневосточные моря и Восточно-Китайское море. Краб отличается исключительной эвригалинностью, совершая регулярные

перемещения «река – море» и обратно, передвигаясь по дну с очень высокой скоростью.

В Финском заливе он впервые отмечен в 1933 г. в акватории Выборгского залива и своим появлением там, очевидно, обязан заходом немецких кораблей в финский порт г. Выборга [35]. С тех пор мохнаторукий краб встречается по всему заливу регулярно от Невской губы на востоке до западных его границ, однако, как правило, нечасто и единично [36]. В западных частях Финского залива и Балтийского моря в целом эти крабы более многочисленны.

Еще мохнаторукий краб примечателен тем, что это самое крупное беспозвоночное Финского залива. Как и все крабы, *E. sinensis* обладает вкусным мясом, а в Китае считается деликатесом. При этом его аквакультурой в Балтийском море никто не занимался.

В финском городе Котка в морском музее местной живой природы «Маретариуме» содержится аквариальная культура этих крабов в самом большом 50-тонном аквариуме, где эти крабы выполняют функции санитаров, подъедая на дне погибших рыб. Однако в открытой воде и садковой аквакультуре содержание этих крабов будет осложнено их высокой подвижностью, силой и известной способностью «вылезать отовсюду». Также из-за разреженности популяции ожидаются и трудности поимки достаточного по количеству посадочного материала крабов. Несмотря на ожидаемые сложности, благодаря крупным размерам крабов и их экзотичности для фауны Финского залива китайский мохнаторукий краб *E. sinensis* представляется выигрышным и эффективным объектом для аквакультуры в проливе Бьеркезунд.

Из высших раков в российской восточной части Финского залива также всего 2-3 года назад начали спорадически появляться атлантические креветки *Palaeomon adspersus* Rathke. Заходы креветок неоднократно отмечались в районах у островов приграничных с Финляндией и Эстонией. Очевидно, что этот вид в наших водах не натурализовался и находится на границе своего экологического ареала, «на выселках». Необходимых данных по его экологии в российской части Финского залива не имеется. Несмотря на близость уже сделанных находок этих креветок к проливу Бьеркезунд, этот вид не может быть рекомендован как перспективный объект аквакультуры в этом районе.

3.2.7. Рыбы

Наиболее перспективны в качестве объектов аквакультуры для проведения биомониторинга в акватории пролива Бьеркезунд Финского залива будут лососеобразные рыбы (отряд *Salmoniformes*), которые являются традиционными объектами местного промысла и представляют значительную ценность. Из семейства лососевых (*Salmonidae*) наиболее известен благородный лосось, или семга (*Salmo salar*), живущий в Северной части Атлантического океана и называемый также атлантическим лососем. Достигает 1,5 м длины и веса до 38 кг. Является анадромной рыбой, для нереста поднимающейся в реки; большую часть жизни проводит в море.

Кроме семги из лососевых рыб интерес представляют балтийская кумжа (*Salmo trutta trutta*) из того же семейства лососевых, радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*), а также такие представители сиговых рыб (род *Coregonus*) – такие, как балтийский или европейский сиг (*Coregonus lavaretus*) и пелядь (*Coregonus peled*). Возможными кандидатами для проведения биомониторинга могут быть европейская корюшка (*Osmerus eperlanus*) из семейства корюшковых (*Osmeridae*), обитающая в акватории пролива Бьеркезунд Финского залива, и осетровые виды рыб, с учетом работы, которая ведется сейчас по восстановлению популяции Балтийского осетра.

3.2.8. Сравнительный анализ (SWOT) с целью подбора рыб– объектов аквакультуры

Сравнительный анализ (SWOT) проведен с целью подбора рыб – объектов аквакультуры для мониторинга с учетом специфических условий акватории пролива Бьеркезунд Финского залива в районе нефтеналивного терминала спецморнефтепорта «Приморск».

Таблица 3. SWOT анализ биологического объекта - Атлантический лосось (*Salmo salar*)

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	ВОЗМОЖНОСТИ
1. - хорошо изучены биологические особенности (среда обитания, темп роста, репродуктивное качество и т.д.);	1. – возможность участия в программах по воспроизводству ВБР и компенсационных мероприятиях;
2. - отработана биотехника	2. – возможно товарное

выращивания на всех этапах развития и роста (от	выращивание с созданием подсобного рыбоводного
3. - может существовать в довольно широком диапазоне температур: от 0 до 22°C, оптимальными считаются температуры порядка 16°C, летальными - свыше 24°C;	
4. - является деликатесным видом рыбы с уже сложившейся на северо-западе России культурой потребления;	
5. - является аборигенным видом;	
6. - представляет интерес с позиций эффективного PR	
СЛАБЫЕ СТОРОНЫ	УГРОЗЫ И РИСКИ
1. - в температурном диапазоне 20-22°C испытывает физиологический дискомфорт;	1.- чувствительность к кислородному режиму в водоеме;
2.-труднодоступность приобретения посадочного материала (мальков);	2. – высокая чувствительность к загрязнению водоема
3. –при выращивании в садках может питаться только искусственными	

кормами.	
----------	--

Таблица 4. SWOT анализ биологического объекта - Кумжа (*Salmo trutta*)

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	ВОЗМОЖНОСТИ
1. - хорошо изучены биологические особенности (среда обитания, темп роста, репродуктивное качество и т.д.);	1. – возможность участия в программах по воспроизводству ВБР и компенсационных мероприятиях;
2. - отработана биотехника выращивания на всех этапах развития и роста (от получения икры до товарной продукции);	2. – возможно товарное выращивание с созданием подсобного рыбоводного хозяйства.
3. - может существовать в довольно широком диапазоне температур: от 0 до 22°C, оптимальными считаются температуры порядка 16°C, летальными - свыше 24°C;	
4. - является деликатесным видом рыбы с уже сложившейся на северо-западе России культурой потребления;	
5. - является аборигенным видом;	
6. - представляет интерес с позиций эффективного PR	

СЛАБЫЕ СТОРОНЫ	УГРОЗЫ И РИСКИ
1. - в температурном диапазоне 20-22°C испытывает физиологический дискомфорт;	1.- чувствительность к кислородному режиму в водоеме;
2. - труднодоступность приобретения посадочного материала (мальков);	2. – умеренная чувствительность к загрязнению водоема
3. –при выращивании в садках может питаться только искусственными кормами.	

Таблица 5. SWOT анализ биологического объекта – Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*)

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	ВОЗМОЖНОСТИ
1. - хорошо изучены биологические особенности (среда обитания, темп роста, репродуктивное качество и т.д.);	1. – возможно товарное выращивание с созданием подсобного рыбоводного хозяйства.
2. - отработана биотехника выращивания на всех этапах развития и роста (от получения икры до товарной продукции);	
3. - может существовать в	

довольно широком диапазоне температур: от 0 до 25°C, оптимальными считаются	
4. - является деликатесным видом рыбы с уже сложившейся на северо- западе России культурой потребления;	
5. – широкий спектр выбора пород;	
6. – лёгкий доступ к приобретению посадочного материала (мальков)	
СЛАБЫЕ СТОРОНЫ	УГРОЗЫ И РИСКИ
1. – Не является аборигенным видом	1 - Риск возникновения синдрома «сонной» болезни при резком понижении температуры воды;
2. - Темпы роста замедляются при температурах ниже 3 °С, а в температурном диапазоне 20-25 °С испытывает физиологический дискомфорт)	2. – чувствительность к кислородному режиму в водоеме;
3. –при выращивании в садках может питаться только искусственными кормами.	3. – умеренная чувствительность к загрязнению водоема

4. - не представляет интереса с позиций эффективного PR	
---	--

Таблица 6. SWOT анализ биологического объекта – Балтийский сиг (*Coregonus lavaretus*)

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	ВОЗМОЖНОСТИ
1. - хорошо изучены биологические особенности (среда обитания, темп роста, репродуктивное качество и т.д.);	1. – возможность участия в программах по воспроизводству ВБР и компенсационных мероприятиях;
2. - отработана биотехника выращивания на всех этапах развития и роста (от получения икры до товарной продукции);	2. – возможно товарное выращивание с созданием подсобного рыбоводного хозяйства.
3. - может существовать в довольно широком диапазоне температур: от 0 до 25 °С, оптимальными считаются температуры порядка 17-19 °С, летальными - свыше 25 °С.	
4. - является деликатесным видом рыбы с уже сложившейся на северо-западе России культурой потребления.	

5. - является аборигенным видом;	
6. - представляет интерес с позиций эффективного PR	
СЛАБЫЕ СТОРОНЫ	УГРОЗЫ И РИСКИ
1. - в температурном диапазоне 22-25°C испытывает физиологический дискомфорт;	1.- умеренная чувствительность к кислородному режиму в водоеме;
2. - труднодоступность приобретения посадочного материала (мальков);	2. – чувствительность к загрязнению водоема;
3. –при выращивании в садках может питаться только искусственными кормами;	3. – подвержен риску заболеваний

Таблица 7. SWOT анализ биологического объекта - Пелядь (*Coregonus peled*)

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	ВОЗМОЖНОСТИ
1. - хорошо изучены биологические особенности (среда обитания, темп	1. – возможность при выращивании в

роста, репродуктивное качество и т.д.);	садках привлекать зоопланктон в качестве
2. - отработана биотехника выращивания на всех этапах развития и роста (от получения икры до товарной продукции);	
3. - может существовать в довольно широком диапазоне температур: от 0 до 26 °С, оптимальными считаются температуры порядка 17-19 °С, летальными - свыше 26 °С.	
4. - является деликатесным видом рыбы с уже сложившейся на северо-западе России культурой потребления.	
5. - при выращивании в садках может питаться естественными кормами (зоопланктоном).	
6. - доступность приобретения посадочного материала (мальков).	
СЛАБЫЕ СТОРОНЫ	УГРОЗЫ И РИСКИ
1. – Не является аборигенным видом;	1.- умеренная чувствительность к кислородному режиму в водоеме;

2. - Темпы роста замедляются при температурах ниже 3 °С, а в температурном диапазоне 24-26 °С испытывает физиологический дискомфорт);	2. – чувствительность к загрязнению водоема;
3. - не представляет интереса с позиций эффективного PR.	

Таблица 8. SWOT анализ биологического объекта - Корюшка (*Osmerus eperlanus*)

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	ВОЗМОЖНОСТИ
1. - является аборигенным видом;	1. возможность отлова взрослых рыб в прилегающей акватории в качестве посадочного материала для садков;
2. . - хорошо изучены биологические особенности (среда обитания, темп роста, репродуктивное качество и т.д.);	2. – возможность при выращивании в садках привлекать зоопланктон в качестве естественного корма;
3. - является традиционным видом рыбы с уже сложившейся на северо-западе России культурой потребления;	3. - представляет относительный интерес с позиций эффективного PR
4. - при выращивании в садках	

может питаться естественными кормами	
5. - отработана биотехника получения икры и личинок;	
6. – растет при низких температурах.	
СЛАБЫЕ СТОРОНЫ	УГРОЗЫ И РИСКИ
1. – не отработана биотехника выращивания на всех этапах развития и роста (до товарной продукции);	1.- умеренная чувствительность к кислородному режиму в водоеме;
2. - труднодоступность приобретения посадочного материала на стадии мальков.	2. – чувствительность к загрязнению водоема
	3. – неизвестны пороги чувствительности к температурному режиму водоема

Таблица 9. SWOT анализ биологического объекта – Сибирский осетр (*Acipenser baerii*)

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	ВОЗМОЖНОСТИ
1. - хорошо изучены биологические особенности (среда обитания, темп	1. – возможно товарное выращивание с

<p>роста, репродуктивное качество и т.д.);</p>	<p>созданием подсобного рыбоводного</p>
<p>2. - отработана биотехника выращивания на всех этапах развития и роста (от получения икры до товарной продукции);</p>	<p>2. - представляет относительный интерес с позиций эффективного PR;</p>
<p>3. - может существовать в довольно широком диапазоне температур: от 0 до 29 °С, оптимальными считаются температуры порядка 22-25 °С, летальными - свыше 32 °С.</p>	<p>3.- отработка биотехники выращивания для последующей замены на Балтийского осетра.</p>
<p>4. - является деликатесным видом рыбы с уже сложившейся на северо-западе России культурой потребления;</p>	
<p>5. - доступность приобретения посадочного материала (мальков).</p>	
<p>СЛАБЫЕ СТОРОНЫ</p>	<p>УГРОЗЫ И РИСКИ</p>
<p>1. – Не является аборигенным видом;</p>	<p>1.- умеренная чувствительность к кислородному режиму в водоеме;</p>
<p>2. - Темпы роста замедляются при температурах ниже 8 °С;</p>	<p>2. – умеренная чувствительность к загрязнению водоема.</p>

3. –при выращивании в садках может питаться только искусственными кормами	
--	--

Таблица 10. SWOT анализ биологического объекта – Балтийский осетр (*Acipenser sturio*)

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	ВОЗМОЖНОСТИ
1. - является аборигенным видом;	1. – возможность участия в программах по воспроизводству ВБР и компенсационных мероприятиях;
2. - представляет интерес с позиций эффективного PR	2 – возможно товарное выращивание с созданием подсобного рыбоводного хозяйства.
3.- относительно хорошо изучены биологические особенности (среда обитания, темп роста, репродуктивное качество и т.д.);	
4. - может существовать в довольно широком диапазоне температур: от 0 до 29 °С, оптимальными считаются температуры порядка 22-25 °С, летальными - свыше 32	

°С.	
СЛАБЫЕ СТОРОНЫ	УГРОЗЫ И РИСКИ
1. – Не полностью отработана биотехника выращивания на всех этапах развития и роста (от получения икры до товарной продукции);	1.- умеренная чувствительность к кислородному режиму в водоеме;
2. - Темпы роста замедляются при температурах ниже 8 °С;	2. – умеренная чувствительность к загрязнению водоема.
3. –при выращивании в садках может питаться только искусственными кормами	
4. - недоступность в настоящее время приобретения посадочного материала (мальков).	

Культивирование гидробионтов непосредственно в водоеме (аквакультура) позволяет их пространственно зафиксировать на необходимом участке и наблюдать регулярно. Такая технология, с использованием субстратов искусственных рифов для неподвижных гидробионтов и садков для рыб позволяет использовать методы биотестирования, основанные на исследовании реакций на воздействие загрязнителей отдельных специально подобранных и подготовленных «индикаторных» живых организмов - тест-объектов. С учетом полученных результатов исследований экологических условий в акватории пролива Бьеркезунд Финского залива Балтийского моря в зоне влияния производственных объектов ООО «Транснефть – Порт Приморск» предварительно предполагается разместить плантацию (полигон), заселенную следующими объектами аквакультуры:

- зеленые водоросли – *Cladophora glomerata*;
- двустворчатые моллюски – *Dreissena polymorpha*;
- рыбы: кумжа *Salmo trutta*; балтийский сиг *Coregonus lavaretus*; корюшка *Osmerus eperlanus*.

Все перечисленные виды гидробионтов характерны для пролива Бьеркезунд Финского залива и чувствительны к различным типам загрязнений, что и требуются для проведения экологического мониторинга акватории в районе размещения производственных объектов ООО «Транснефть – Порт Приморск».

1.

Заключение

Создание плантации объектов аквакультуры в акватории пролива Бьеркезунд Финского залива должно стать эффективным инструментом для экологического мониторинга нефтеналивного терминала спецморнефтепорта «Приморск». В соответствии с «Техническим руководством ФАО по ответственному рыбному хозяйству» [37] экосистемный подход к аквакультуре – это стратегия интеграции деятельности в рамках более широкой экосистемы, для того чтобы поддерживать экологически рациональное развитие, равноправие и устойчивость взаимосвязанных социально-экологических систем.

Загрязнения воды отрицательно сказывается на продуктивности аквакультуры, безопасности продуктов питания и рентабельности хозяйств. Системы химического мониторинга водных объектов базируются на нормированных показателях концентраций химических веществ. Предельно допустимая концентрация (ПДК) — утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив. Однако, химические показатели не могут ответить на главный вопрос: как при таких измеренных параметрах среды живет гидробионты? Лишь биологические методы мониторинга отвечают на этот вопрос непосредственно, минуя «промежуточную оценку» химических параметров, реагируя на неизвестные (или неопределяемые) загрязнители, а также учитывая совместное действие и кумулятивные эффекты от всех поллютантов, как определенных, так и оставшихся неизвестными [38].

Наилучшие результаты при экологическом мониторинге дает совмещенное использование химических и биологических методов.

При воплощении этой идеи в жизнь необходимо будет изучить результаты химического мониторинга акватории порта, выполненного лабораторией, а также ее область аккредитации и методическое оснащение. Это позволит выделить приоритетные для порта «Приморск» поллютанты и их группы, а также методики их измерений и исследуемые среды, т.е. создать план работы. Для получения сравнительных данных отбор проб желательно проводить не только в пределах акватории порта и плантации аквакультуры, но и за их пределами – на специально выбранной для этого референтной (контрольной) станции, где прямые воздействия со стороны порта не ожидаются.

Для биологических оценок могут применяться как гидробионты, живущие в естественных условиях, путем их полевого сбора и последующего

лабораторного исследования, так и гидробионты, специально культивируемые для этих целей. Оба подхода равноправны, но культура гидробионтов непосредственно в водоеме (аквакультура) позволяет их пространственно зафиксировать на необходимом участке и наблюдать регулярно. Такая технология, с использованием искусственных субстратов ИР для неподвижных гидробионтов и садков для рыб позволяет использовать методы биотестирования, основанные на исследовании реакций на воздействие загрязнителей отдельных специально подобранных и подготовленных «индикаторных» живых организмов - тест-объектов. Основные требования к тест-объектам состоят в их доступности, достаточно широкой экологической толерантности, простоте и удобстве содержания и их чувствительности к токсикантам.

Садки или садки-вольеры в полной мере обеспечивают требованиями содержания объектов аквакультуры как «индикаторных» живых организмов. Садковое рыбоводство – это самая распространенная технология товарного выращивания лососевых рыб не только на Северо-Западе России, но и во всем мире.

Технология проста, эффективна и применима к условиям Балтийского моря [39]. Внутри самой технологии, возможностей развития с целью снижения воздействия на окружающую среду существует немного. В связи с этим неизмеримо возрастает роль правильного выбора места размещения рыбоводных хозяйств и точного соблюдения технологии выращивания рыбы. Так называемая «оффшорная технология» (от английского слова offshore – «вне берега»), разработка и применение более устойчивых к волнам и течениям конструкций может в будущем уменьшить отрицательное влияние на окружающую среду и создаст больше возможностей для размещения производства [40].

Учитывая риски, связанные с ледовой обстановкой в проливе Бьеркезунд и сравнительный анализ особенностей традиционной и подводной технологий аквакультуры применительно к содержанию объектов биотестирования следует рекомендовать комплексное использование искусственных рифов и погружных садков для создания плантации (полигона) аквакультуры.

Имеющиеся данные позволяют рассматривать моллюсков дрейссен (*Dreissena polymorpha*) как кандидата №1 среди беспозвоночных на использование в аквакультуре в районе нефтеналивного порта Приморск. Среди рыб наиболее перспективны в качестве объектов аквакультуры для

проведения биомониторинга в акватории пролива Бьеркезунд Финского залива будут лососеобразные рыбы (отряд Salmoniformes), которые являются традиционными объектами аквакультуры и представляют значительную коммерческую ценность. Особый интерес представляют такие виды как кумжа, представители которого образуют естественные популяции кумжи в ручьях, впадающих в пролив Бьеркезунд, и корюшка, которая является аборигенным видом, образующим естественные скопления в районе Выборгского залива и на акватории пролива Бьеркезунд, прилегающей к нефтеналивному терминалу спецморнефтепорта «Приморск».

Использование холодолюбивых лососевых рыб должно учитывать температурный фактор и климатические риски региона [41, 42], что позволяет вертикальная структура водных масс акватории.

С учетом экологических условий в акватории пролива Бьеркезунд Финского залива Балтийского моря в зоне влияния производственных объектов ПАО «Транснефть – Порт Приморск» предварительно предполагается разместить плантацию, заселенную следующими видами гидробионтов:

- зеленые водоросли – *Ulva intestinalis*;
- двустворчатые моллюски – *Dreissena polymorpha*;

рыбы:

- кумжа *Salmo trutta* (семейство лососевые *Salmonidae*);
- балтийский сиг *Coregonus lavaretus* (семейство сиговые *Coregonidae*);
- корюшка *Osmerus eperlanus* (семейство корюшковые *Osmeridae*).

Если возможность культивирования водорослей и моллюсков в акватории порта не вызывает сомнения, то все 3 предварительно выбираемых вида рыб оказываются не заурядными, а достаточно сложными для аквакультуры объектами.

В особенности это касается европейской корюшки. Это массовая, но проходная, нежная и особо требовательная к условиям обитания рыба, которая вообще не используется как объект аквакультуры. Её уловы строго приурочены к весеннему сезону. Биотехнология ее культивирования отсутствует, и ее придется фактически изобретать экспериментальным образом в ходе работы. Однако, будучи брендовым объектом Ленинградской области, корюшка по определению требует к себе повышенного внимания.

При возникновении непреодолимых трудностей с каким-либо из предварительно намеченных объектов, он может быть заменен на другой, более традиционный объект аквакультуры с хорошо разработанной биотехнологией выращивания.

Кумжа и сиг способны развиваться в широком температурном диапазоне, а также являются проверенными, хотя и не массовыми объектами разведения. При этом все три названных вида рыб чувствительны к различным типам загрязнений, что и требуется для экологического мониторинга. При возможности использования на плантации аквакультуры трех садков следует определить триаду потенциальных объектов выращивания из трех видов рыб исходя из проведенного анализа, будущих результатов опытно-экспериментального выращивания и предпочтений Заказчика. На первых этапах это могут быть комбинации из лососевидных видов рыб, а в последующем возможно увеличение количества садков до 6 единиц - как для расширения числа выращиваемых видов, так и для тиражирования объема выращивания одного-двух предпочитаемых видов рыб. Интерес для экологического биомониторинга представляет технология содержания в садках взрослых половозрелых рыб, например, кумжи, что позволит оценить качество половых продуктов или обнаружить отклонения от нормы в процессе созревания рыб- производителей.

Кроме того, это заложит основу для создания собственного маточного стада кумжи с возможностью получения оплодотворенной икры и ее инкубации в собственном организованном рыбопитомнике. В случае принятия соответствующего решения, собственный рыбопитомник позволит выпускать в пролив Бьеркезунд мальков кумжи в целях компенсации ущерба и восстановления ВБР. Подращивание молоди кумжи в садках перед выпуском позволит не только повысить ее устойчивость к хищникам и выживаемость, но и расширить спектр объектов биомониторинга, выращиваемых в садках.

Водоросли, а также двустворчатые моллюски планируются к заселению на искусственные рифы. Представителей рыб планируется разместить в садки погружного типа, которые, по сравнению с традиционными плавучими садками, обеспечивают безопасность рыб и конструкций во время волнений поверхности акватории (шторм и т.д.), движения льда. Точные локации установки элементов системы аквакультуры смогут быть предложены только после изучения акватории, взаимных консультаций с руководством порта и

получения разрешений на их установку с учетом безопасности как мореплавания и швартовых операций судов, так и самой плантации.

Список литературы

1. Анцулевич А. Е. 2015. Hydrozoa (гидроиды и гидромедузы) морей России. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та— 860 с. (Балтийское море, 1992)
2. Хлебович В.В. 1974. Критическая соленость биологических процессов. Л., 203 с.
3. Телеш И.В. 2006. Биоразнообразие пелагиали Балтийского моря в свете концепции А. Ремане. Тезисы X Съезда ВГБО, с. 23.
4. Анцулевич А.Е., Чивилев С.М. 1992. Современное состояние донной фауны Лужской губы Финского залива. Вестн. Санкт-Петерб. Унив., (3 Биол.), 3(17):3-7, 110.
5. Руденко М.В., Бережный Б.Д. Рельеф и морфоскульптура Финского залива//Проект «Балтика». Вып. 5. Ч. 2. – СПб.: Гидрометиздат. 1997 г. Стр: 150–153.
6. Смирнова А.И. Речной сток // Проект «Балтика». Вып. 5. Ч. 2. – СПб.: Гидрометиздат. 1997 г. Стр: 188–192.
7. Ланге Е.К. Гидробиологическая характеристика пролива Бьеркезунд. Фитопланктон // Природная среда побережья и акватории Финского залива (район порта «Приморск») / Под ред. Е.А. Волкова, В.Н. Храмцов, Г.А. Исаченко. – СПб.: Бостон-Спектр, 2003. – С. 95–97.
8. 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. – В кн.: Финский залив в условиях антропогенного воздействия. СПб. 1999: 211–242.
9. Терешенкова Т.В. 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. 2006. – С. 37-85.
10. Ланге Е.К., Шилин М.Б. Гидробиологическая характеристика пролива Бьеркезунд. Состояние фитопланктона по результатам сопутствующего мониторинга в 1999-2002 гг. // Природная среда побережья и акватории Финского залива (район порта «Приморск») / Под ред. Е.А. Волкова,

- В.Н. Храмцов, Г.А. Исаченко. – СПб.: Бостон-Спектр, 2003. – С. 101–104.
11. Макарова С.В. Видовой состав и количественные характеристики фитопланктона / Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Ч.2. СПб. Гидрометеиздат. 1997. С. 345-365.
 12. Шишкин Б.А., Никулина В.Н., Максимов А.А., Силина Н.И. Основные характеристики биоты вершины Финского залива и ее роль в формировании качества воды. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 95 с.
 13. Макарова С.В. Видовой состав и количественные характеристики фитопланктона / Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Ч.2. СПб. Гидрометеиздат. 1997. С. 345-365.
 14. Огородникова В.А., Сулопарова О.Н. Питание массовых видов рыб. Труды ЗИН АН СССР. 1987. Т.151: 174-181.
 15. Сулопарова О.Н., Огородникова В.А., Волхонская Н.И. Воздействие повышенной мутности воды, возникающей при выполнении гидротехнических работ, на структурно-функциональные характеристики зоопланктона. – Сб.научн.тр. ФГНУ ГосНИОРХ. 2006. Вып. 331: 274-334.
 16. Отчет по НИР «Проведение экологического мониторинга окружающей среды в районе строительства объектов гидротехнических сооружений и портовой структуры нефтеналивного терминала в г. Приморске. Раздел: Рыбохозяйственный мониторинг». – Фонды ГосНИОРХ, 2000. – 84 с.
 17. Анцулевич А.Е., Бубырева В.А., Иванов М.И., Храбрый В.М., Яковлев А.С. Северная часть Лужской губы Финского залива как район строительства нового портового комплекса. Биологический аспект // Сборник материалов X международного экологического форума "День Балтийского моря". СПб: ООО "Макси-Принт", 2009 г. Стр. 40–43
 18. Лебедева О.В., Мицкевич О.И. Влияние повышенной мутности воды на макрозообентос при строительстве нефтеналивного порта «Приморск» в проливе Бьеркезунд. – Сб.научн.тр. ФГНУ ГосНИОРХ. 2006. Том. 1. Вып. 331: 33-56.

19. Пидгайко М.Л., Александров Б.М., Иоффе Ц.И., Максимова Л.П., Петров В.В., Савватеева Е.Б., Слазкин А.А. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР // Изв. ГосНИОРХ. 1968. Т. 67. С. 205–228.
20. Анцулевич А.Е., Лебардин М.В. "Странствующая ракушка" *Dreissena polymorpha*(Pall.) под Ленинградом. // Вестник ЛГУ. Биология. 1990. Вып. 4. №24. С. 109-110.
21. Орлова М.И., Анцулевич А.Е., Белякова Р.Н., Насека А.М., и др. (2008) Биологические инвазии. в кн: Алимов А.Ф., Голубков С.М. (ред.) Экосистема эстуария реки Нева: биологическое разнообразие и экологические проблемы, Москва, КМК, сс. 272-312
22. Иванова М.С., Ким А.В. Оценка экологических последствий деятельности морского порта для прибрежной территории. Тихоокеанский государственный университет. - Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ» 2016, Том 7, № 2, С. 130 – 135
23. Бугров Л.Ю., Михельсон С.В., Муравьев В.Б. 1986. Опыт использования подводной пневматической камеры (ППК-1) «Спрут» для рыбохозяйственных исследований подольдом. - Сборник научных трудов ГосНИОРХ, вып. 247, с. 18-21.
24. Бугров Л.Ю., 2005. Подводная рыбоводная система «САДКО». Технология аквакультуры. – журнал «Подводные технологии и мир океана», № 3, 2005, М. с. 12-23.
25. Бугров Л.Ю., Петренко Л.А. 1987, Принципы биотехнологии садкового рыбоводства. – Рыбное хозяйство, № 10, 1987, с. 54-56.
26. ФАО - Садковая аквакультура: Региональные обзоры и всемирное обозрение. 2010 – Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству. / Рим, 2010 г. , 274 стр.
27. Бугров Л.Ю., Лапшин О.М., Муравьев В.Б. Эколого-инженерные аспекты подводной технологии по созданию искусственных биотопов // Современные проблемы марикультуры в социалистических странах : Тез. докл. междунар. симпоз. – М.: ВНИРО, 1989. – С. 62 - 64.
28. Аквакультура в техносфере: учеб. пособие Авторы: А. Н. Чусов, М. Б. Шилин, Л. Ю. Бугров, Н. Е. Горбунов, М. В. Иванов/ Под.ред. М.П. Фёдорова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 221 с.

29. Анцулевич А.Е., Бугрова Л.А. 1989. Гидробиологические критерии проектирования искусственных рифов. В кн.: Научные и технические проблемы марикультуры в стране, Владивосток, с. 220-221.
30. Анцулевич А.Е., Рябова В.Н. и Стогов И.А. 1994. Хронобиологические аспекты мониторинга на примере Лужской губы Финского залива. В кн.: Критерии экологической безопасности, Санкт-Петербург, с. 158-160.
31. Гарлов П.Е., Бугримов Б.С., Рыбалова Н.Б., Титаренко К.А. Возможность повышения эффективности выращивания заводской молоди балтийского лосося в естественной среде нагула – солоноватой морской воде. / в сб. Аквакультура сегодня - Доклады Всероссийской научно-практической конференции 4 февраля 2015 г.. 2015, Изд-во ВНИИР, с.57-67
32. Ковальчук, Н.А. 2007. Морские макроводоросли. //Природная среда и биологическое разнообразие архипелага Березовые острова (Финский залив). СПб: 229–235.
33. HELCOM. 2013. HELCOM Red List of Baltic Sea species in danger of becoming extinct // Balt. Sea Environ. Proc. No. 140, 106 pp.
34. Шилин, М.Б. Гидробиологическая характеристика пролива Бьеркезунд: результаты сопутствующего мониторинга Текст. / М.Б. Шилин // Природная среда побережья и акватории Финского залива (район порта «Приморск»).-СПб.: Изд. НЦ РАН, 2003.-С.106-113.
35. Анцулевич А.Е. 2012. Чужеродные виды-вселенцы в Финском заливе – проблема экологическая, технологическая, экономическая и... В кн. Наш общий Финский залив, Сб. мат-лов I научн. конф. СПбГУ, посв. «Году Финского залива – 2014», СПб.: ВВМ. С. 12-22.
36. Орлова, М.И., Анцулевич А.Е., Телеш И.В., Березина Н.А., Максимов А.А., Жакова Л.В., Литвинчук Л.Ф., Ковальчук Н.А. и А.Ю.Костыгов. 2005. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при ведении мониторинга биологического загрязнения на Финском заливе. (Под ред. А.Ф.Алимова и Т.М.Флоринской), СПбНЦ РАН, ЗИН РАН, СПб, 67 с.
37. ФАО. 2013. Развитие аквакультуры. 4. Экосистемный подход к аквакультуре. Техническое руководство ФАО по ответственному рыбному хозяйству. № 5, Приложение 4. Рим. 59 с.

38. Анцулевич А.Е., Флоринская Т.М. 1996. Экологические проблемы в Ленинградской области и пути их решения. Санкт-Петербургский научный центр РАН, СПб, 112 с.
39. Бугров Л.Ю., Бугров И.Л. Современное состояние и перспективы товарного выращивания лососевых рыб на Балтийском море. – Труды / III Балтийский морской форум. Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». 26 – 27 мая 2015, Калининград, ФГБОУ ВПО «КГТУ», стр. 62-64
40. Экологический справочник для рыболовной промышленности Северо-Запада России. НИИ охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии, 2012. Тапио Киуру, Йоуни Виелма, Юха-Пекка Туркка, Маркус Канкайнен, Унто Эскелинен, Антти Юлитало, Юкка Хартикайнен, Сиркка Хейнимаа, Николай Попов, Владимир Паньков, Леонид Рыжков, Игорь Пепеляев 112с.
41. Бугров Л.Ю. Влияние температурного фактора на воспроизводство Невской популяции атлантического лосося (*Salmo salar*) в условиях возрастания климатических рисков. - Современное состояние биоресурсов внутренних вод. Том I / Материалы докладов II Всероссийской конференции с международным участием. 6–9 ноября 2014 г., Борок, Россия. В двух томах. – М.: ПОЛИГРАФ-ПЛЮС, 2014. – 638 с. (Том 1 – 326 с.) стр. 99-106
42. Еремина Т.Р., Л. Ю. Бугров, А. А. Максимов, В. А. Рябченко, М. Б. Шилин. 2014. Воздействие изменения климата на морские природные системы (Раздел 5), Глава 5.2. Балтийское море. - “Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации” - Росгидромет, Москва, 2014 г. стр. 615-643
43. Анцулевич А.Е. Отчёт о технологической работе по теме: «Разработка и реализация проекта плантации объектов аквакультуры в акватории пролива Бьеркезунд Финского залива Балтийского моря» (Этап 2.2) Информационный отчет «Проведение мониторинговых работ с целью определения оптимального видового состава объектов аквакультуры, характерной для пролива Бьеркезунд Финского залива, для проведения экологического мониторинга акватории в районе размещения производственных объектов ООО «Транснефть – Порт Приморск» ООО «Группа Альянс», Москва, 2017 г.
44. Анцулевич А.Е. Отчёт о технологической работе по теме: «Разработка и реализация проекта плантации объектов аквакультуры в акватории

пролива Бьеркезунд Финского залива Балтийского моря» (1 этап)
Информационно-аналитический отчет «Проведение анализа
русских и международных публикаций и материалов в области
мониторинга морских водоемов, санитарно-товарной аквакультуры;
Разработка предложений по технологии проведения экологического
мониторинга акватории пролива Бьеркезунд Финского залива; Подбор
видового состава объектов аквакультуры для проведения мониторинга»
ООО «Группа Альянс», Москва, 2017 г.

45. Центр морских исследований, Стокгольм, Швеция.

46. Официальный сайт ФГБУ «Администрация морских портов
Балтийского моря»

47. Федоров М. П. Экологический инжиниринг в гидротехнике / М. П.
Федоров, М. Б. Шилин, Д. А. Ивашинцов. — СПб.: Изд-во ВНИИГ им.
Б. Е. Веденеева, 1995. — 85 с.

48. Хлебович В.В. Критическая соленость – гомеостаз – устойчивое
развитие. Зоологический институт Российской академии наук,
Университетская наб., 1, 199034 Санкт-Петербург, Россия