

Заведующему кафедрой  
Природопользования и устойчивого  
развития полярных областей  
Макееву В.М.

от студента гр. № Э-М15-1-10  
направление \_\_\_\_\_ подготовки  
(специальность) \_\_\_\_\_  
Ивановой К.В.

### ЗАЯВЛЕНИЕ-УВЕДОМЛЕНИЕ

Прошу Вас утвердить (или изменить) тему выпускной квалификационной работы  
**Оценка влияния инвазивных видов на экосистемы аборигенных видов в акватории  
Финского залива**  
и назначить научным руководителем Скворцова Владимира Валентиновича.

Я, ознакомлен(-а) с действующим положением «О выпускной квалификационной  
работе».

Уведомляю о согласии проведения проверки текста данной выпускной  
квалификационной работы в системе «Антиплагиат».

Даю согласие на размещение текста своей ВКР и приложений к ней в ЭБС  
ГидроМетеоОнлайн.

«10» октября 2016 года.

 / Иванова К.В.  
(подпись / расшифровка)



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра природопользования и устойчивого развития полярных областей

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
Магистерская диссертация

На тему \_\_\_\_\_ Оценка влияния инвазивных видов на экосистемы аборигенных  
видов в акватории Финского залива

Исполнитель \_\_\_\_\_ Иванова Ксения Валерьевна \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель \_\_\_\_\_ доктор биологических наук \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ Скворцов Владимир Валентинович \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_ кандидат географических наук \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ Макеев Вячеслав Михайлович \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

«20» июня 2017г.

Санкт-Петербург  
2017

## Оглавление

Введение.....	4
1. Проблемы изучения биологических инвазий.....	7
1.1 Проблема терминологии и понятий.....	7
1.2 Проблема биологической инвазии в истории.....	10
1.3 Проблема изучения процесса биоинвазий.....	14
1.4 Международное осознание проблемы биоинвазий.....	18
2. Характеристика района исследования.....	20
2.1 Физико-географические условия.....	20
2.2. Физические и химические характеристики.....	25
2.2.1 Температура и соленость.....	25
2.2.2 Биогенные вещества.....	28
2.2.3 Прозрачность и характеристика взвешенного вещества.....	29
3. Основные векторы направления инвазии в Финском заливе.....	32
3.1 Судоходство.....	34
3.2 Интродукция.....	36
3.3 Климатические факторы.....	38
4. Динамика состава флоры и фауны чужеродных видов.....	42
4.1 Фитопланктон.....	43
4.2 Зоопланктон.....	44
4.3 Бентос и перифитон.....	47

4.4 Макрозообентос.....	52
4.5 Ихтиоценозы.....	55
4.6 Общая характеристика разнообразия и значения в его формировании вселенцев.....	57
5. Рекомендации по ведению мониторинга за чужеродными видами.....	62
Заключение.....	69
Список использованных источников.....	72

## Введение

Актуальность исследуемой темы. Вселение чужеродных видов в настоящее время является значительной частью глобальных изменений биосферы, оказывающей значительное влияние на биоразнообразие экосистем. Зачастую последствия инвазий могут представлять опасность для здоровья людей и наносить огромный экономический ущерб. Жизнь в современных водоемах меняется с угрожающей скоростью, так что Финский залив не исключение. Численность многих видов сокращается из-за чрезмерной эксплуатации и уничтожения их среды обитания, поэтому вторгаются другие виды в новые для себя регионы[7]. Все эти изменения происходят уже более тысячи лет, но резко темпы ускорились в последние несколько десятилетий из-за сильно разросшегося судоходства по всему миру и усиления антропогенной нагрузки на водоемы. Рост торговли способствует рассеиванию организмов, которые прикрепившись к корпусам судов, теперь способны путешествовать на огромные расстояния. Так же вторжения происходят и сами по себе, например, из-за утраты биоразнообразия аборигенных видов[13]. Вторжения зависят и от других факторов, к примеру, из-за нарушения целостности морских экосистем, включая разрушение среды обитания, загрязнение окружающей среды и изменения климата. Разрушение среды обитания вызывает нарушения, в результате которого открывается пространство для новичков, которые способны конкурировать с местными видами. Загрязнение может сделать условия среды менее благоприятными для местных видов, тем самым предоставляя возможности для инвазивных видов, изменение климата также играет большую роль в процессе вторжения. Изменения в температуре воды в Балтийском море, частью которого является Финский залив, биогеохимии, солености, уровня моря, во всем наблюдаются изменения последние десятилетия и ожидаются продолжения этих изменений, что открывает все большие возможности для экспансии новыми видами акватории Финского залива[29].

Финский залив – морской водоём эстуарно-шельфового типа, характеризующийся малой инертностью и стремительной реакцией на естественные и антропогенные воздействия[46]. В связи с этим, изучение таксономического состава чужеродных видов, путей их проникновения, уровня воздействия на экосистемы в настоящее время является одной из ключевых проблем всего Балтийского региона.

Цель данной работы:

Целью настоящей работы была оценка влияния инвазивных видов на аборигенные виды в акватории Финского залива и выявление современного состояния экосистем под воздействием чужеродной экспансии.

Задачи:

1. Выявление состава инвазивных видов в акватории Финского залива
2. Определение основных причины и особенностей появления инвазивных видов в акватории Финского залива.
3. Анализ и сравнение вкладов в изменения экосистем разных чужеродных видов.
4. Разработка рекомендаций в ведении дальнейшего мониторинга за инвазивными видами в акватории Финского залива.

Теоретической основой магистерской диссертации послужили работы Ч. Элтона, Максимова А.А., Алимова А.Ф., Орловой М.И., Попова И.Ю. и Дгебуадзе Ю.Ю. Вопросы характеристики особенностей биологии инвазивных видов можно встретить в работах Карпевич А. Ф., В.М.Рылова, М.Ф.Соколовой, огромный вклад в описание истории и географии распространения видов в Балтийской море отмечено в работах К.М. Дерюгина, А.В.Гриба, Е.Ф.Гурьяновой, М.А. Виркетиса, И.А.Киселева, В.С.Михина и П.В.Ушакова.

Материалы исследований. Исходными данными для написания работы послужили опубликованные работы по теме инвазивных видов в акватории Финского залива, восточной части Финского залива (ВЧФЗ) и Балтийского моря в целом.

Предмет исследования: влияние инвазивных видов на экосистемы аборигенных видов в акватории Финского залива.

Объект исследования: Восточная часть Финского залива

Методы исследования. В качестве основных методов используются метод логических построений, описательно-сравнительный метод, системный подход в подборе информации по данным из различных источников и выборке подходящей и более актуальной для данной работы, анализ массива научно-методических материалов, отчетов и публикаций по теме изучения процессов биологической инвазии.

Гипотеза: При изучении процессов биологической инвазии необходимо учитывать ее зависимость от различных факторов, которые влияют на успешное расселение вселенцев. При ведении мониторинга инвазивных видов в акватории Финского залива, необходимо брать во внимание, что Финский залив является водоемом-донором, поэтому крайне важно знать о постоянно происходящих изменениях в нативных экосистемах и оценивать влияние чужеродных видов на них, с целью предотвращения последующих экологических и экономических последствий биологического загрязнения.

## 1. Проблемы изучения биологических инвазий

### 1.1 Проблема терминологии и понятий

Формирование направлений науки, которые занимаются отдельным изучением биологических инвазий, начали формироваться только во второй половине XX века, общие понятия и представления о процессах, связанных с ними, также, как и специальная терминология до сих пор формируются, нет единого словаря с понятиями и определениями, так что попробуем разобраться в используемых мной в работе понятиях[21].

Говоря об охране природы, в это понятие включается вся окружающая среда и все разнообразие жизни, обитающее в ней. Основным критерием сохранности и стабильности окружающей среды является постоянство видового состава местной (**аборигенной**) фауны[31]. Проблеме сохранения биоразнообразия уделяется огромное внимание в настоящее время. **Мониторинг** является основным способом изучения состояния биоразнообразия, он включает в себя серию специальных регулярных наблюдений, который проводится по заранее разработанной схеме[44]. Когда численность какого-либо аборигенного вида падает, то его ареал сокращается или он вовсе исчезает. Все это является признаками серьезных изменений в экосистеме. Когда вместо аборигенных видов начинают появляться чужеродные организмы. Все это наглядное нарушение стабильности **нативных экосистем** — которые существовали изначально[67].

Однозначного и корректного определения «**инвазивный вид**» не существует. В русском языке термин «инвазивный вид» является морфологической передачей с английского словосочетания *invasive species*. Глобальной программой по изучению инвазивных видов дается такое определение[79]: **инвазивные виды** — это чужеродные организмы, которые могут нанести или наносят урон окружающей среде, экономике или здоровью человека». Конвенцией по биологическому разнообразию дается определение

понятия *invasive alien species* – это вредные чужеродные виды. Но не всегда точно можно определить вред чужеродных видов на нативные экосистемы, угрожающие биологическому разнообразию, может быть вред с экономической точки зрения, влияющий на хозяйственную деятельность или здоровье человека. Таким образом, сразу встает вопрос об уровне вреда при различии *invasive alien species* и просто *alien species*. Эпитет «чужеродный» применим к виду только в новоприобретенном ареале, то есть зависит от территории, поэтому лучше использовать эпитет «инвазивный», означающий вид, который распространился в результате человеческой деятельности и угрожает биологическому разнообразию. Эпитет «чужеродный» – строго территориален и применим только для характеристики положения вида в конкретной среде. Так же в литературе выделяют отдельно **криптический вид**, он малозаметен или морфологически сходен с каким-то аборигенным видом, но является видом-вселенцем для данного региона[32].

В области инвазионной биологии активно обсуждаются вопросы разработки и терминологии в России в настоящее время. Одной из главных проблем является классификация агрессивности инвазивных видов, разграничение четких статусов и поиск терминов, которые полностью передают их смысл[93].

**Биологической инвазией** называют распространение вида за пределы его исторического ареала после неолита, которое прямо или косвенно связано с деятельностью человека[78]. **Видом-вселенцем** называется вид, который в процессе биологической инвазии распространяется за пределы своего нативного ареала. Различают дальних и близких вселенцев. Дальние вселенцы или **экзотические виды** — это чужеродные виды, которые появились в флоре и фауне рассматриваемых страны или континента из других стран и с других континентов[21].

Для биологической инвазии выделяют три основных признака[6]:

- Изменяются границы ареалов отдельных таксонов;
- Виды осваивают новые не характерные для них биотопы;

- Происходит изменение экосистем под влиянием чужеродного вида.

Ареалы видов в ходе эволюции постоянно изменялись, но с определенной точностью возможно различать изменения границ ареала в результате человеческой деятельности и в рамках исторических или эволюционных преобразований. Поэтому понятие **первичного ареала**, определяется как, ареал вида во второй половине голоцена до неолитической революции[33], до того момента, когда хозяйственная деятельность человека стала приобретать масштабы, которые привели к изменениям ландшафтов и формированию различных транспортных путей. Территорию за пределами первичного ареала при расселении видов называют **приобретенным ареалом**. В процессе освоения чужеродными видами новых биотопов при инвазии изменяются их морфологические, генетические и экологические особенности. Так же существует понятие **лаг-фазы** - периода, через который следует ждать появления чужеродных организмов[51].

Расселение инвазивных видов может быть связано с самопроизвольным распространением или в результате человеческой деятельности. В результате антропогенной деятельности резко увеличились темпы расселения в последнее время. Выделяют два вида интродукции инвазивных видов: случайная и преднамеренная. Регион, из которого перемещается организм, именуется **Регионом-донором** является регион, из которого перемещается организм, а **регионом-реципиентом** называется регион, в который перемещается организм[64].

Для изучения проблем биологических инвазий необходимо изучение возможностей их прогнозирования, для этого необходимо рассмотреть такие понятия, как потенциально инвазивный вид и инвазибельность экосистемы. **Инвазибельностью экосистем** называется их потенциальная емкость[24], т.е. восприимчивость потенциальной экосистемы к инвазиям, которая определяется большим числом факторов и быстро меняется. Наиболее подвержены процессам биологической инвазии обедненные, нарушенные и эволюционно молодые экосистемы. **Потенциально инвазивные виды** – это такие виды,

которые обладают различными особенностями, которые обеспечивают успех их расселения за пределы исторического ареала при сопутствующих благоприятных условиях[14]. **Инвазионностью** называется совокупность биологических качеств вида, которые сложились исторически или сформировались в процессе инвазии, обеспечивающие выживание его популяций в ходе транспортировки и при прохождении всех стадий биологических инвазий[34].

Большой потенциальной инвазивностью обладают виды распространяющиеся по сформировавшимся путям - **коридорам инвазии**, по которым одновременно происходят инвазии различных видов[16].

## 1.2 Проблема биологической инвазии в истории

В современных условиях интерес к проблеме биологических инвазий в морских экосистемах, выходит за рамки научных интересов, приобретает практическое значение. Комплекс природных и антропогенных факторов (гидростроительство, акклиматизация, судоходство, гидромеханизированные мероприятия и др.) обуславливает расширение современного ареала гидробионтов. Инвазивные организмы натурализуясь, оказывают существенное влияние на биоценотические перестройки в экосистемах[12].

Проблема экзотических вселенцев приобрела особое звучание и значимость во II половине XX-го века. История изобилует примерами, когда экзоты, вселяясь в новые для них экосистемы, вызвали серьезные последствия и большие потери[1].

В настоящее время актуальным является исследование видов-вселенцев в различных регионах Мирового океана, поскольку такие виды могут представлять опасность для местной биоты, они могут влиять на сложившиеся экосистемы в новых местах обитания.

Началом научного изучения инвазивных видов является публикация книги Чарльза Элтона «Экология нашествий животных и растений» в 1958,

через два года она уже была переведена на русский язык, в книге описаны проблемы массового распространения чужеродных видов после их случайного или преднамеренного проникновения на участки местности, где они раньше не наблюдались, рассмотрены взаимоотношения между чужеродными видами и представителями местной флоры и фауны и значительное место уделено освещению экономических и других последствий от распространения инвазивных видов. Он обратил серьезное внимание на феномен биологических инвазий и их воздействия на экологические сообщества, данные вопросы актуальны и в настоящее время[58].

В 1964 году Международный союз биологических наук провел свой первый биологический симпозиум, сосредоточивший внимание на биологических проблемах, имеющих международное значение. Он объединил генетиков, экологов, таксономистов и ученых прикладных наук, работающих в сфере изучения инвазивных видов, таких как Уилсон, Стеббинс, Карсон, Добжански, Майр, Левонтин и Веддингтон. Материалы были опубликованы в книге «The Genetics of Colonizing Species» в декабре 1965 года, в которых рассматривали инвазивные виды в целом, обсуждали процессы колонизации, которые произошли в процессе сукцессии в результате природных процессов и человеческой деятельности[86].

Интерес к биологическим инвазиям постепенно усиливался и перед научным сообществом стояли три основных проблемных вопроса вторжений:

- 1) Какие факторы определяют, является ли вид оккупантом или нет?
- 2) Каковы характеристики среды и экосистем, делают их уязвимыми или устойчивыми к инвазиям?
- 3) Как знания, полученные из ответов на первые два вопроса, могут быть использованы для разработки эффективных стратегий в управлении процессами биологических инвазий?

Накопленные знания по данному вопросу сначала опирались на изучение наземных экосистем, на примере сельскохозяйственных систем и инвазий чужеродных растений, изучение процессов морских биоинвазий не являлись

приоритетными[34]. Но уже в 1990-х гг. была создана глобальная международная программа по инвазивным видам (The Global Invasive Species Program), с 1989 года начинают активно публиковаться научные книги по теме водных биологических инвазий (например, Дрейк и др 1989;. Уильямсон, 1996; Кокс 1999, 2004; Муни и Хоббс 2000 года; Муни и др 2005 года;. Сакс и др 2005 года;. Локвуд др 2007 года;), в 1999 г. Создан международный журнал по биологическим инвазиям - *Biological Invasions*, выпускаются и другие журналы, например, *Biological Invasions and Aquatic Invasions* с 2006 года, организовываются научные конференции. Кроме того, проблемы биологических инвазий начинают активно обсуждаться в популярных средствах массовой информации, в том числе в журналах, газетах, на веб-сайтах, блогах, телевизионных шоу, и книгах (например, Lesinski 1996; Мацумото 1996; Яркий 1998; Карлтон 2001 года; Тодд 2001 года; Бердик 2005). Таким образом, все это отражает активный общественный интерес к данной проблеме.

Изучение биоинвазий развивалось экспоненциально, наряду с экспоненциальным ростом величины самой проблемы вторжения. Сегодня биоинвазия, чрезвычайно сложный экологический процесс и экологическая проблема[2]. Не так давно она стала отдельной отраслью в экологии и исследованиях окружающей среды. Проблема инвазивных видов является глобальной, так что необходимо внедрение новых наук, изучающих процессы биоинвазии.

Большой вклад в исследования морских биоинвазий внесли авторы книги «*Biological Invasions in Marine Ecosystems*». Они работали в самых «горячих точках» морских биоинвазий на Земле (рис.1.2): в восточном Средиземноморье, западном побережье Северной Америки и Южной Калифорнии, выделили инвазивные виды и их взаимодействия с местными сообществами, уделили внимание экологическим аспектам процесса вторжения в морскую среду, что во многом отличается от наземного вторжения, описали различные этапы

процесса вторжения и обсудили вопросы управления процессами вторжения на наглядных примерах из разных регионов мира[4].

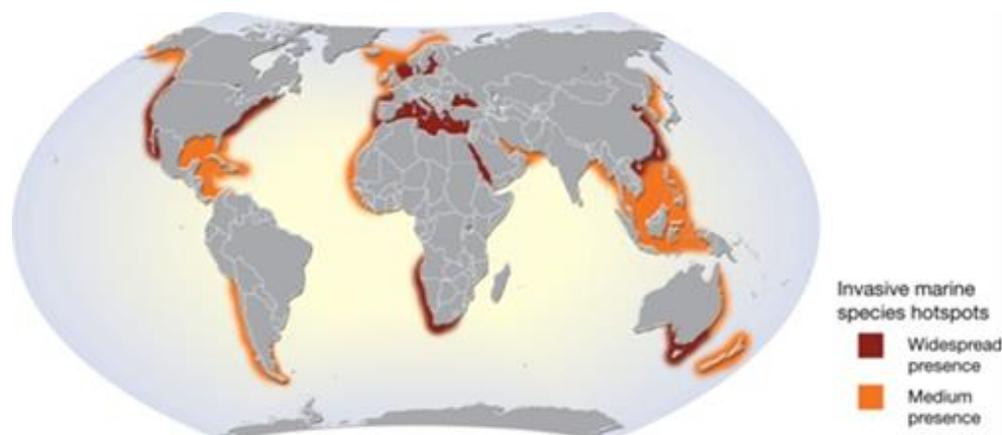


Рисунок 1.2 Распространение инвазивных видов в морской среде

Объект моего исследования – Финский залив, водоем эстуарного типа, относится к региону широкого распространения инвазивных видов в морской среде. В результате усиления загрязнения, интенсивного рыболовства и, главным образом, увеличением числа судоходной нагрузки на акваторию, регион подвергается такому же воздействию биоинвазий, как акватории Калифорнийского залива, восточного побережья США, Средиземного и Красного морей, юга Африки и Австралии и Южно-Китайского и Восточно-Китайского морей (рис.1.2). Установление границ выделенных областей являются приблизительными, так как по мнению авторов книги для морских биоинвазий крайне сложно установить конкретные области распространения чужеродных видов из-за постоянных изменений – во-первых, во многих регионах еженедельно обнаруживаются новые вторжения, а во-вторых, в постоянно меняющихся условиях окружающей среды меняются и составы морских экосистем. Российский академик Александр Федорович Алимов, написал книгу по данной проблеме[3]. Он наглядно показал в своих работах, что в результате антропогенной деятельности в Финском заливе, происходит утрата биологических ресурсов, теряется такая сфера деятельности, как рыболовство, теряются рекреационные ресурсы, пока ситуация в Финском

заливе развивается бесконтрольно. Поэтому могут ожидать социальные следствия: разрушение рыбного хозяйства и сокращение числа курортов из-за загрязнения пляжей водорослями. В принципе нынешняя экологическая ситуация в Финском заливе очень похожа на события, происходивших в озёрах Швейцарии и Великих озёрах в США, которые привели к катастрофе. На восстановление этих экосистем, после внедрения в них инвазивных видов, государствами были затрачены огромные средства[88].

Финский залив является уникальным объектом исследования, потому что здесь развивается активная хозяйственная деятельность и уникальность его природного расположения заключается в том, что, являясь частью довольно опреснённого Балтийского моря, залив резко реагирует на приток соленых вод, вызванных глобальными климатическими изменениями, что существенно влияет на содержание растворенного кислорода в воде и на биоту, открывая тем самым возможности для биологической инвазии чужеродных видов[65].

Среди различных исследований инвазивных видов важное место занимает изучение динамики популяционных характеристик, поскольку она тесно связана со стратегией выживания. Основными характеристиками являются: динамика размерного состава популяции, динамика размерного состава самок с яйцами, динамика размерного состава самцов, соотношение самцов и самок с яйцами и соотношение молодежи и взрослой части популяции, данное соотношение особенно показательно для понимания состояния популяции[1]. При преобладании молодежи популяция находится в стадии возрастания будущего репродуктивного потенциала, при преобладании взрослой части поселения в популяции преобладает нынешний репродуктивный потенциал. Особенно интересно исследование видов, заселивших среду с другими климатическими характеристиками, например, видов из холодных вод, поселившихся в более теплых водах[68].

### 1.3 Проблема изучения процесса биоинвазий

Нет никаких сомнений, что наше понимание процесса биологических инвазий значительно возросло за последние годы активных исследований, но до сих пор нет разработанных эффективных стратегий управления данными процессами. Наиболее известен и хорошо изучен процесс вселения инвазивных видов в морские экосистемы[35]. Этому способствуют, с одной стороны, относительно незначительные изменения солёности при переносе инвазивных видов в морских экосистемах из одной в другую, а также у большинства донных организмов имеется планктонная личинка. Однако значительной инвазионной ёмкостью обладают и эстуарные системы, к которой относится исследуемый мной регион. Во-первых, это обусловлено бедным видовым составом и неустойчивостью условий, благодаря чему в них могут иметься «незаняты» ниши. Также, среди эстуарных форм значительное количество видов, легко выстраивающихся в экосистемы-акцепторы, принимающие виды из экосистем-доноров, которой является Финский залив, что является причиной дальнейшего расселения инвазивных видов из акватории Финского залива.

Процесс акклиматизации видов-вселенцев проходит в четыре этапа:

- выживание переселенных особей
- размножение особей и формирование популяции
- быстрый рост общей численности популяции
- обострение противоречий инвазивных видов с биотической средой



Рисунок 1.3 Основные фазы и стадии процесса биологической инвазии

Воздействие каждого чужеродного вида непредсказуемо ввиду большого числа связанных с ним параметров. Вид, который не оказывает отрицательного воздействия в своем естественном ареале, может причинить серьезный вред в новом для него географическом регионе[67]. Отрицательные последствия от внедрения инвазивных видов для аборигенных видов могут выражаться в значительной перестройке в трофических цепях нативных экосистем, конкуренции в питании с местными видами, упрощение структуры водных сообществ, процессы гибридизации с местными видами и нежелательное развитие паразитов и возбудителей заболеваний и многие другие. Наихудшая ситуация развития биологической инвазии – это замена местного вида вторгшимся чужеродным видом.

Процессы биологических инвазий предоставляют уникальную возможность для изучения фундаментальных процессов популяций, сообществ, экосистем и эволюционной экологии во многих таксономических группах. Таким образом, данная проблема привлекает интересы широкого круга ученых,

и может быть использована в качестве средства для понимания некоторых основных экологических и эволюционных вопросов[73]. Процессы распространения и распределения видов очень динамичны в пространстве и времени. Эти изменения связаны с сезонными, ежегодными и десятилетними циклами, но также могут быть и стохастическими. На протяжении всей истории жизни, виды появлялись и вымирали. Виды изменяли свои географические границы, они пересекли барьеры на суше и в море. Когда виды оказывались в новых местах, они должны были справиться с условиями новой окружающей среды, а также с другими видами, с которыми они сталкивались. Они конкурировали с ними за ресурсы, могли съесть их или быть съеденными ими, паразитировать на них или быть равнодушными к ним[81]. Многие из них эволюционировали для того, чтобы лучше адаптироваться к новой среде. Считается, что большинство из этих изменений географических границ в эволюции произошло при относительно медленном темпе. Однако, это не актуально для современной ситуации. В настоящее время, виды могут отправиться в свое путешествие, используя морской или воздушный транспорт, пересекая огромные расстояния и расселяясь по всему миру за несколько часов или дней. В современном мире расселение происходит в больших количествах, сотни потенциально опасных инвазивных видов можно найти в балластной воде кораблей, прибывающих в порт. Вторжения сейчас происходят очень быстро и легко. Проблемы биологической инвазии затрагивают многие аспекты различных дисциплин, таких как экология, биология и теории эволюции. Изучение процессов биологической инвазии позволяет исследовать процессы роста и гибели популяций в новых местах обитаний, исследовать межвидовое взаимодействие, изучая последствия инвазий на разнообразие аборигенных сообществ и наоборот. Имеют важное значение для изучения процессов сопротивления вторжениям и устойчивости экосистем. Биологические инвазии занимают центральное место в изучении эволюционных процессов[16]. Адаптации к новым физическим и биологическим параметрам среды являются основополагающими для биологических вторжений, которые могут произойти

в результате изменений генотипов и фенотипов. В ходе изучения видов-вселенцев, ученые могут наблюдать за происходящими процессами в короткий период времени. Процессы гибридизации среди инвазивных и аборигенных видов и дрейф генов наблюдаются практически в режиме реального времени. Вселенцы быстро адаптируются к новой среде, переживая при этом различные процессы, что в конечном итоге может привести к образованию нового вида. Существуют уже свидетельства того, что в последнее время, антропогенные вторжения привели к возникновению новых видов. Из-за того, что отсутствуют долговременные постинвазионные исследования, то недостаточно полно изучен вопрос появления новых форм в результате инвазий и их дальнейшей судьбе в новом регионе.

#### 1.4 Международное осознание проблемы биоинвазий

Международное сотрудничество в вопросах изучения и сохранения биоразнообразия наблюдается в активной деятельности ООН, являющаяся главным общемировым органом регулирования во всех областях изучения и использования природной среды. Основной вклад в сохранение биоразнообразия и его понятие закреплено в международной Конвенции ООН по биологическому разнообразию, которую приняли практически все страны в 1992 г. На Конференции ООН в Рио-де-Жанейро в 2012 году еще раз было отмечено, что сохранение биоразнообразия на нашей планете является основной проблемой нашего общества в настоящее время. Итогом саммита было принятие Декларации «Будущее, которого мы хотим», где в разделе «Мировой океан» отдельным пунктом отмечается серьезная угроза морским экосистем и ресурсам, в результате появления инвазивных биологических видов, необходимо принятие мер, способных противодействовать внедрению этих видов в морские акватории и бороться с их негативным воздействием на окружающую среду. Вопросы опасности биологического загрязнения и необходимости контроля и предотвращения расселения инвазивных видов

рассматриваются в Конвенции о биологическом разнообразии и рекомендациях рабочих групп различных международных организаций, например, в такой как Международная Морепоплавательная Организация (ИМО).

Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) ЮНЕСКО занимается вопросами исследования морского и прибрежного биоразнообразия и его охраны, в рамках трех программ: Крупные морские экосистемы (КМЭ), Океаническая биогеографическая информационная система (ОБИС) и Вредоносное цветение водорослей (ВЦВ). Всего в мире выделяют 64 КМЭ, которые относятся к большим прибрежным морским акваториями с площадью от 200000 км<sup>2</sup>, прилегающие к материкам и в которых первичная продуктивность превышает продуктивность акваторий открытого океана. К изучаемым крупным морским экосистемам, как раз относится Балтийское море, частью которого является Финский залив. Основными причинами чрезмерной эксплуатации и деградации КМЭ возникают из-за низкого качества управления соответствующими секторами экономики, такими как, рыболовство, туризм, судоходство, сельское хозяйство, нефтяная промышленность и т.д., также существуют проблемы в законодательстве, отсутствие контроля, низкая эффективность управленческих организаций и недостаточное участие гражданского общества в управлении морскими системами.

В 2010 году завершилась крупная международная научно-исследовательская программа «Перепись морской жизни», в ходе которой была проведена оценка бывших обитателей океана, проведена перепись живых существ, обитающих в Мировом океане в настоящее время и даны прогнозы по появлению новых обитателей в будущем. Так же широко применяется региональное международное сотрудничество в области изучения и сохранения морского биоразнообразия. В 1992 году образована Комиссия по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ), объединившая 9 стран Балтийского региона. Деятельность ХЕЛКОМ направлена на защиту морской среды Балтийского моря от всех источников загрязнения, восстановление и поддержание его экологического баланса, а также обеспечение безопасности

судоходства. Проблема защиты морской среды и сохранения морского биоразнообразия носит глобальный характер и требует участия большинства стран мира.

В настоящее время проводятся международные исследования по тестированию систем мониторинга для оценки риска опасных интродукций посредством судов в Европейские страны при поддержке Европейского Союза. В 1994 г. была образована рабочая группа по чужеродным эстуарным и морским организмам в Балтийском море Ассоциацией Балтийских Морских Биологов. В результате их инициатив ХЕЛКОМ потребовал от стран-участников принятия действий по снижению риска, который связан с намеренной интродукцией, а также рассмотреть возможности мониторинга распространения за вселившимися инвазивными видами в рамках Программы мониторинга Балтийского моря и Программы мониторинга прибрежных зон.

Мировым научным сообществом уже осознана проблема биологической инвазии и ее глобальный характер. В результате антропогенной деятельности ежедневно на огромные расстояния перемещаются тысячи и десятки тысяч различных видов флоры и фауны. Большое количество успешно интродуцированных видов оказывают серьезное влияние на нативные экосистемы, что приводит к серьезным экологическим, экономическим и социальным последствиям. В настоящее время во многих странах мира ведутся активные исследования в решении технических проблем по снижению риска распространения и заноса опасных инвазивных организмов с балластными водами. Уже приняты практические меры, регулирующие режим сброса балластных вод, а также разрабатываются и принимаются соответствующие национальные законы и нормативные акты разных стран.

В 1992 году Конференция ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) выступила с предложением к Международной морской организации (ИМО), с целью координации действий по защите морской среды от трансграничного биологического загрязнения. Предлагалось создать эффективный механизм контроля, который позволял бы снизить ущерб,

наносимый инвазивными видами, содержащимися в балластных водах. В 2004 году проходила Дипломатическая конференция, на которой была принята международная конвенция по Контролю и управлению за корабельными балластными водами и отложениями. Она была принята с целью предотвращения потенциально опасных процессов и явлений распространения инвазивных видов, переносимых с балластной водой. В 2012 году Российская Федерация присоединилась к Конвенции, которая нацелена на внедрение в реальную жизнь более безопасных и эффективных методов управления водным балластом, которые позволяют предотвратить и снизить до минимума опасность для окружающей среды и здоровья человека, связанную с переносом инвазивных и опасных организмов.

Таким образом проблема внесения инвазивных видов в морские экосистемы признана международным сообществом, как одна из основных угроз Мировому океану.

## 2. Характеристика района исследования

Финский залив является восточной частью Балтийского моря, глубоко вдающейся в материк. Залив омывает берега России, Финляндии и Эстонии, его западной границей принимается воображаемая линия, соединяющая полуостров Ханко и мыс Пыызаспеа (рис.2). Крайняя западная часть называется - горло, а крайняя восточная - вершина.

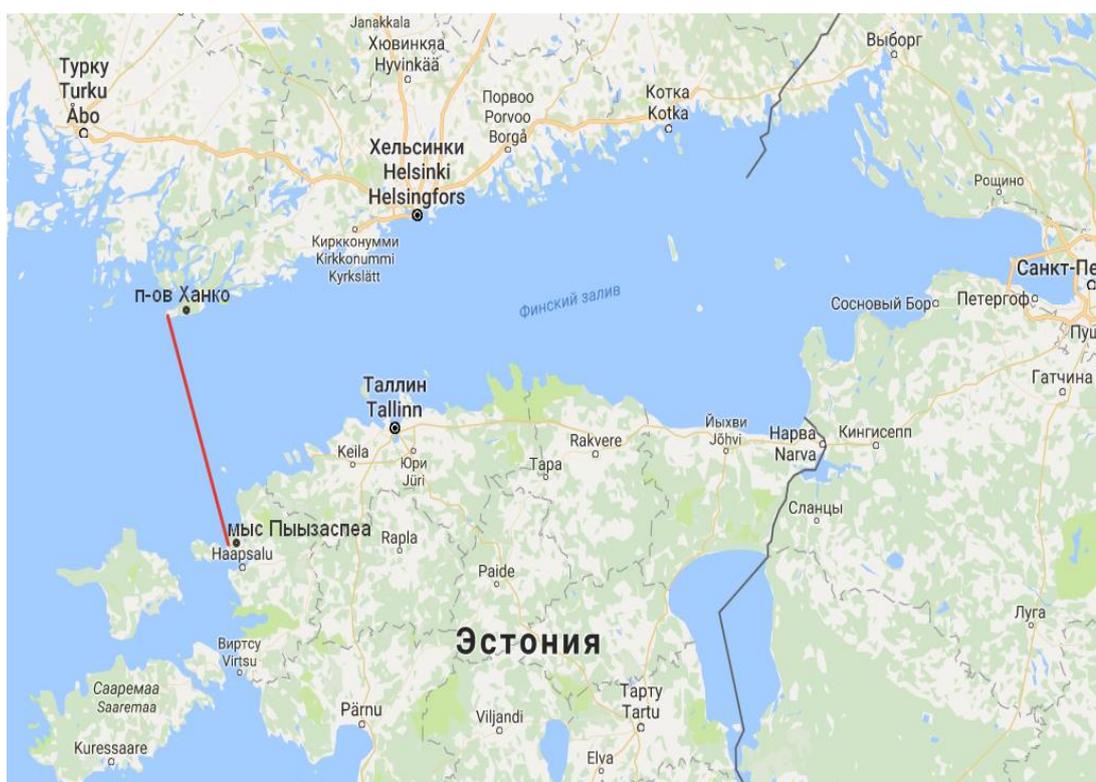


Рисунок 2 – Акватория Финского залива

### 2.1. Физико-географические условия

Площадь Финского залива равна 29500 км<sup>2</sup>, длина 420 км, ширина от 70 км в горле до 130 км в самом широком месте, средняя глубина 38 м (максимальная 121 м). На севере залива есть крупные заливы такие, как Выборгский и Виролахти, полуострова (например, Ханко и Порккала) берега в

основном фьордно-шхерные и возвышенные и извилистые. На юге есть крупные заливы, такие как Копорская губа, Нарвская губа и Лужская губа, разделяющиеся полуостровами. Берега залива на юге в основном отлогие с песчаными дюнами и береговыми валами. Невская губа восточная оконечность Финского залива, на западной границе залив сливается с открытыми районами Балтийского моря. В Финском заливе имеется очень много островов, таких как Котлин, где расположен город Кронштадт, Гогланд, Сескар, Оденсхольм, Соммерс, Лавенсари и Нарген.

Рельеф дна постепенно увеличивается, начиная от устья Невы до острова Котлин от 2,4 м до 6 м, за островом к западу глубина увеличивается до 40 метров, в губах Лужской и Капорской глубина варьируется от 10 до 22 метров. От острова Сескара до Гогланда глубина постепенно растет до 63 – 72 метров, у мыса Сурупу глубина достигает величин 72 – 90 метров. От мыса Сурупа до острова Оденсхольм глубина растет от 48,5 до 108 метров, где от острова Оденсхольма до самого выхода в Балтийское море глубины достигают максимальных значений 120 метров.

Подводные ландшафты отличаются высоким разнообразием. Помимо вертикальной зональности, им свойственна высокая латеральная изменчивость, создающая чрезвычайное разнообразие условий для формирования разнообразных сообществ-реципиентов на небольших участках дна и, таким образом, натурализации все новых видов вселенцев. На фоне естественного разнообразия подводных ландшафтов, в 2013 году были возобновлены интенсивные гидротехнические работы в акватории, приводящие, как и в 2006-2008 гг. к изменению непосредственно самих донных биотопов и формирующих их гидрооптических условий. Грунт Финского залива илистый и песчаный, и довольно часто каменистый, при этом на больших глубинах чаще встречается ил, а на малых – песок с камнем.

Под влиянием различных природных процессов в Финском заливе формируются течения, основными из которых являются речной сток, длинные волны штормового нагона и ветровой дрейф. Так как все эти процессы сильно

изменчивы, то фактическая картина направлений существующих течений сильно меняется во времени и от места к месту. Только речной сток и разность плотности пресных и соленых вод являются наиболее постоянными. Основное влияние оказывает речной сток Невы (около 80 км<sup>3</sup>/год), несущий воды на запад, которое около мыса Стирсуддена разделяется на две ветви, идущих на северо-запад и юго-запад. В разные моменты времени фактические течения при сильном ветре сильно отличаются от средних по направлению, но также и сильно превосходят их по скорости. В периоды продолжительных штилей в заливе основным является слабое течение, зависящее от разницы от избытка прибыли пресной воды над убылью от ее испарения. На западной границе Финского залива существует южное течение, которое идет из Ботнического залива. Под влиянием северо-восточных и юго-западных ветров образуются временные течения в Финском заливе у островов Лавенсари и Сомерса. В восточной части Финского залива осенью и зимой преобладает юго-западное направление ветра, летом западное и весной западное и юго-западное. В западной части залива осенью и зимой преобладают ветра в южном направлении, летом – западном и весной юго-западном. Осенью и зимой сила ветра достигает наибольшей силы, также при западных сильных ветрах характерны сильные нагоны воды и волнения, которые приводят к наводнениям.

Основным антропогенным фактором, который влияет на течения в Финском заливе, является дамба, защитное сооружение от наводнений. В результате ее строительства образовалась граница между мелководной частью Финского залива и районами Невской губы, которая привела к перераспределению речного стока Невы, сконцентрировавшийся южнее Кронштадта в Морских воротах к югу, а на севере Невской губы сток практически прекратился. В результате перед дамбой образовалась застойная зона шириной в несколько километров. Когда работают водопропускные и судопропускные выходы северной части плотины, тогда перед ними образуются участки проточной воды с высокими значениями скоростей,

которые достигают 20-40 см/с через сами отверстия, но существуют малопроточные зоны, которые образуются перед глухими частями дамбы. Из-за строительства дамбы подверглись трансформации в основном ветровые течения, являющиеся основной причиной изменчивости существующих суммарных течений, а также течений, которые связаны с волнами от штормовых нагонов.

## 2.2 Физические и химические характеристики

В российской части Финского залива выделяют четыре района по гидрологогидрохимическим характеристикам. Пресноводный мелководный район Невской губы, переходный в зоне поступлений Невских вод в Балтийское море и солоноватоводный и восточный глубоководный. Районы сильно отличаются друг от друга условиями среды и биологическими показателями.

### 2.2.1 Температура и соленость

В восточной части Финского залива поверхностная температура воды изменяется в течение года вслед за изменениями температуры воздуха. В январе и марте почти вся поверхность восточной части залива покрыта льдом, и температура воды около 0°C. В апреле с началом очищения акватории ото льда, начинается прогрев поверхностных вод до конца июля или начала августа, когда температура достигает максимальных значений 18-20°C на поверхности в открытой части залива и на 1–2 градуса она выше на мелководной прибрежной зоне. Если лето жаркое, то поверхностная температура воды может достигать местами значений от 24 до 26°C. Нагретая вода во время штормов и ветреной погоде перемешивается с более холодными нижними слоями, образуется перемешанный слой, толщина которого изменяется со временем и в разных местах может быть от 2-4 до 15-20 метров. Ниже перемешанного слоя

глубинная вода остается наиболее холодной в течении всего лета, на глубине 20 метров и более температура может быть всего 2-3°C, а иногда даже ниже. Придонные и глубинные воды также иногда наполняются затоками из более глубоководных районов открытой части Финского залива. Температура очень резко понижается от верхнего перемешанного слоя к глубинным слоям, где температура очень быстро понижается после тонкого переходного слоя. Все вышесказанное не относится к району Невской губы, где глубина всего около 4 м, поэтому ее воды практически всегда полностью перемешаны до дна (рис.2.2.1).

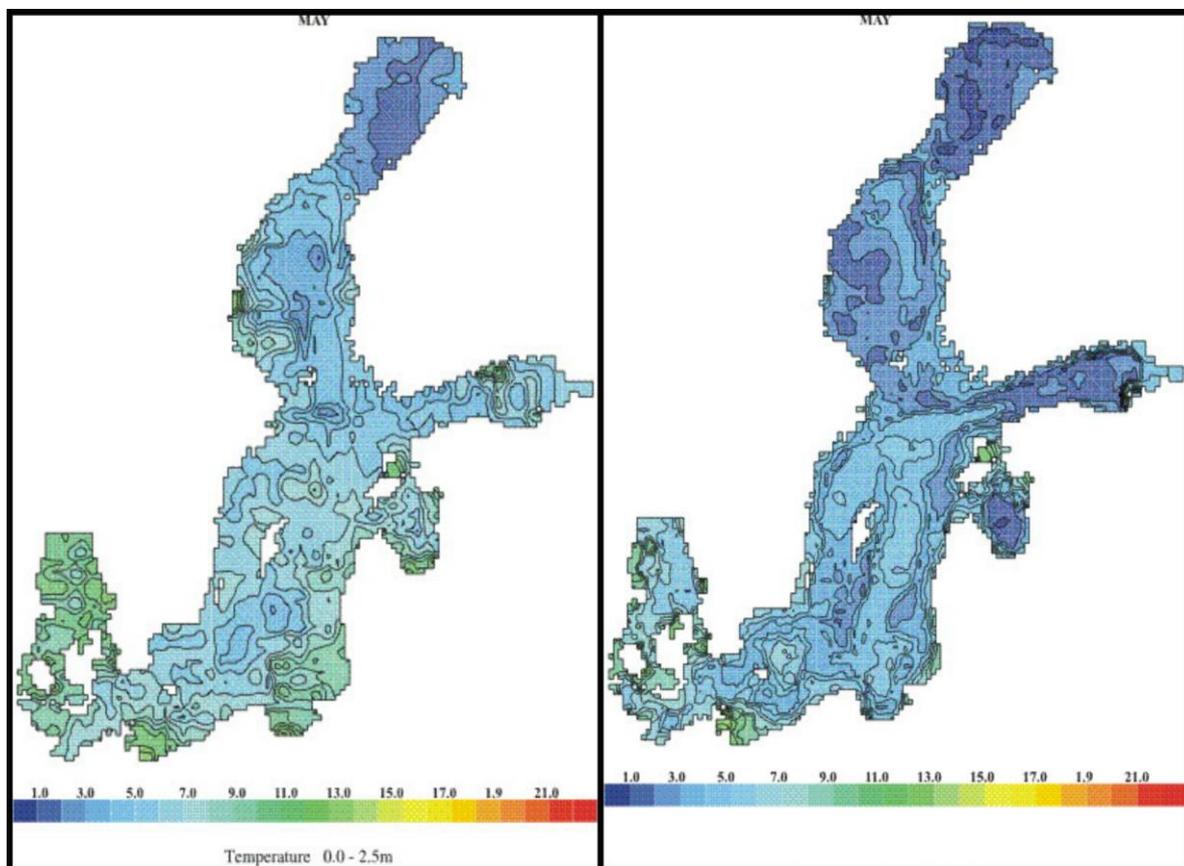


Рисунок 2.2.1 Среднегодовое значения температуры в мае поверхностного слоя Балтийского моря на рисунке слева и придонного слоя на рисунке справа.

С конца августа и в начале сентября начинается охлаждение поверхностного слоя воды, становясь плотнее, поверхностные воды опускаются ниже, перемешиваясь по всей глубине выравнивают все свойства воды по

вертикали. В конце октября и начале ноября вертикальная стратификация температуры в районах с глубиной до 15–23 м становится почти однородной, оставаясь такой же при продолжающемся охлаждении и даже после замерзания, сохраняясь до конца марта, когда залив начинает освобождаться ото льда.

В результате апвеллинга, когда поднимаются глубинные воды на поверхность, возможны резкие изменения температуры поверхностного слоя. Это явление крайне характерно для мелководной береговой зоны Финского залива, когда при сгоне ветром прогретых поверхностных вод от берега, поднимаются более холодные воды на поверхность вблизи береговой зоны.

В течение последних лет наблюдаются благоприятные температурные условия для размножения видов-вселенцев, включая и относительно теплолюбивых (*Dreissema polymorpha*, *Cordylophora caspia* на акватории, прилегающей к г. Санкт-Петербург и *Mytilopsis leucophaeata* в Копорской Губе[1]).

Пространственное распределение солёности на поверхности восточной части Финского залива меняется от года к году гораздо менее заметно, чем температура. Распределение солёности в прибрежных водах возле южного побережья Финского залива зависит от взаимодействия между пресным стоком впадающих в него рек, например, Невы и Луги, и водами, поступающими из открытой части залива.

Пресноводный сток с Невы составляет 2/3 от всего стока, именно поэтому в Невской губе и до Кронштадта вода в Финском заливе практически пресная. В целом в Финский залив приходит большой приток объемов пресной воды из рек, поэтому его воды имеют очень небольшую солёность от 0,2 до 9,2 ‰ в поверхностных водах и от 0,3 до 11,0 ‰ в глубинных водах. Вдоль южного побережья в западном направлении солёность постепенно растет, в Лужской губе достигает значений 3 – 3,5 ‰ в поверхностном слое и 4 – 5 ‰ в глубинных слоях. В Финском заливе значения солёности обычно увеличиваются с глубиной, а наиболее быстрое увеличение солёности наблюдается на нижней границе перемешанного верхнего слоя, где наблюдается скачок температуры.

Второй перепад солености может наблюдаться на верхней границе вод, которые приходят на мелководное побережье с глубинного слоя из открытой части залива. В результате апвеллинга при подъеме глубинных вод на поверхность создается ситуация с понижением температуры в поверхностном слое и возникает локальная аномалия, где наблюдается повышенная соленость.

Небольшая общая соленость вод южного побережья Финского залива обеспечивает возможность развития в этом районе большого числа организмов, которые характерны для солоноватых вод. Значительное количество солоноватоводных инвазивных видов в водоеме заселяют самую пограничную зону экосистемы (на границе солоноватых и пресных вод), становясь нередко крайним членом генетически морского или генетически пресноводного экологического ряда соответствующего таксона, продлевая свой градиентно-экологический ряд до границы с пресноводной средой с соленостью от 2—4 до 1—0,5‰.

В течении всего теплого времени года (с июня по август) в 2014 году на станциях глубже 7 метров отмечалась температурная стратификация водных масс, однако разница между измеренными значениями температуры в поверхностном и придонном слоях воды была в пределах от 10-17°С. Соответственно, не наблюдались существенные различия между соленостью поверхностного и придонного слоя воды. Несмотря на периодические апвеллинги в 2014 году соленостные и температурные условия в моменты наблюдений были сравнительно стабильными, в сравнении с ранними годами исследований. Измеренные в 2014 году значения температуры и солености укладываются в пределы, наблюдаемые в ходе выполнения мониторинга (2004-2008).

#### 2.2.2. Биогенные вещества

Недостаточное количество биогенных веществ ограничивает развитие жизни. На дне залива часто наблюдаются явления гипоксии и аноксии, когда в

глубинных водах отсутствует  $O_2$ . Чаще всего такие явления наблюдаются в придонных слоях в летние периоды, где образуются мертвые зоны и происходит гибель животных. В настоящее время не решен вопрос о вкладе в развитие этих явлений природных и антропогенных факторов. Когда концентрация  $O_2 < 2$  мл/л, возникает явление гипоксии, в результате происходит выход фосфора из донных отложений, который оказывает стимулирующее влияние на развитие водорослей и процессов повышения азотфиксации.

Поступление биогенных веществ и их содержание в водах Финского залива зависит от процессов потребления и регенерации их в результате естественного местного круговорота, а также в сочетании с поступлениями извне, которые зависят от природных и антропогенных факторов. Под природными факторами понимается прежде всего принос биогенных веществ за счет притока глубинных вод и апвеллинга, для антропогенных факторов характерно поступление биогенных веществ с береговым стоком и различными сбросами. Для придонных вод Финского залива одной из характерных черт гидрохимического режима является смена окислительно-восстановительных условий. Изменение окислительно-восстановительных условий оказывает большое влияние на биогеохимические процессы, которые происходят в бентосном слое, обуславливающие изменения количества запасов биогенных веществ, основными из которых являются азот и фосфор.

Пространственное изменение фосфатов на поверхности за исследуемый период достаточно незначительно и колеблется от 0 до 10 мкг/л. В придонном слое их содержание увеличивается от мелководной к глубоководной части Финского залива и составляет в среднем от 54 до 86 мкг/л. В бентосном слое наблюдается улучшение кислородных условий в результате активной жизнедеятельности вида-вселенца *Marenzelleria spp.* Снижение концентрации фосфатов в придонной воде свидетельствует об их захоронении в твердой фракции донных отложений.

### 2.2.3 Прозрачность и характеристика взвешенного вещества

Прозрачность. Показатель прозрачности воды непосредственно связан с процессами эвтрофирования водоемов, так как в результате этих процессов за счет развития фитопланктона происходит увеличение содержания в воде взвешенных веществ, в том числе и хлорофилла, и, как следствие, уменьшение прозрачности воды. В период наблюдений прозрачность воды по диску Секки закономерно увеличивалась от Невской губы к внешнему глубоководному району, в среднем изменяясь от 1,3 до 5,6 м. Однако четко выраженной тенденции изменения прозрачности за период исследований не выявлено. Несмотря на возобновление с 2013 года гидротехнических работ в южной части акватории Финского залива, большую часть сезона гидрооптические условия не отличались заметно от среднеголетних. Однако, в осенний период, на фоне ветреной погоды и перемещения шлейфа выноса от гидротехнических работ на север, воды этой акватории были существенно загрязнены взвесью (прозрачность не превышала 0.6-0.7 м в начале и 0.9-0.11 м в середине октября). Наиболее неблагоприятными условия оказались в районе Невской Губы и за ее пределами. В течение всего сезона прозрачность здесь находилась в пределах от 0.05 до 0.4 м. Эти значения были существенно ниже таковых на акваториях вне воздействия гидротехнических работ (2 м и более) и таковых, обычно наблюдаемых в периоды пониженной хозяйственной активности. В весеннее и раннелетнее время прозрачность воды в Курортном районе в 2004-2005 гг. и до второй половины 2006г. Обычно достигала 2 м, к середине лета падала до 1.6-0.7м, в конце лета – начале осени вновь повышалась.

Таблица 2.2.3.

Средние величины содержания взвешенного вещества, органической и неорганической фракции и хлорофилла в sestone в периоды наблюдений в июле 2007 и в 2014 годах

Показатели	Порт СПб	Курортный район	Глубоководный район
<b>2007</b>			
Взвешенное в-во, мг/л	1,75±0,35	7,05±3,27	5,54±2,53
Взвешенное органическое в-во, мг/л	0,26±0,07	1,13±0,22	2,32±1,23
Хлорофилл, мкг/л	0,73±0,16	2,01±1,97	1,1±0,78
% неорганической фракции	85	81	57
<b>2014</b>			
Взвешенное в-во, мг/л	2,64±0,87		-
Взвешенное органическое в-во, мг/л	1,00±0,14	5,23±1,45	-
Хлорофилл, мкг/л	0,55±0,10	3,01±1,00	-
% неорганической фракции	61	29	-

### 3. Основные векторы направления инвазии в Финском заливе

Способы и направления инвазии чужеродных видов подразделены на естественные и антропогенные и называются векторами. Естественные векторы влияют на самопроизвольное распространение ненативных видов, которое приводит в достаточно медленному постепенному освоению ими новых биотопов внутри уже подвергшимся колонизации водоемов или проникновению из одного водоема в другой, если между ними существует непосредственная связь. К антропогенным векторам относится любая человеческая активность, которая связана с перемещением воды, например сброс балластных вод, которые содержат планктонные организмы, включая пелагические личиночные стадии донных организмов, или погруженных объектов, когда происходит перемещение прикрепленных к ним взрослых особей или молодых организмов - обростателей внутри или между бассейнами водоемов по всему миру.

Наиболее распространенной ситуацией является прямой перенос видов при дальней транспортировке. Он может происходить преднамеренно, с целью дальнейшего разведения вида на новой территории, или случайно. Водные организмы могут переноситься с судами и воздушным транспортом. Некоторые переносятся также рыбами на стадии паразитической личинки. Многие организмы (особенно мелкие виды) переносятся путем орнито- или териохории, налипая с грязью либо активно прикрепляясь к покровам птиц и млекопитающих. При дальнем переносе географические направления вселения формируются судоходными реками и другими маршрутами водного транспорта.

Строительство каналов, таких как Беломоро–Балтийский, Волго–Донской, способствовало созданию единой водно–транспортной системы, соединившей бассейны других морей с Балтийским и активизировало процессы миграции и распространения гидробионтов за пределы их естественного ареала.

Не меньшую роль в формировании в Финском заливе современного состава морского населения сыграли также интенсификация судоходства, загрязнение вод промышленными и бытовыми сбросами, акклиматизационные мероприятия с целью обогащения гидрофауны кормовыми объектами и ихтиофауны ценными объектами промысла. Вклад каждого из векторов инвазии представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Основные векторы инвазии чужеродных видов в акваторию Финского залива

Причины, которые способствуют регистрируемому в последние десятилетия росту числа обнаружений инвазивных видов могут быть подразделены на три группы:

- свойства, которые присущи самим видам, являющимися успешными вселенцами, например их экологическая толерантность и эврибионтность. В большинстве случаев у таких видов в жизненном цикле имеется хотя бы одна стадия, которая отличается высокой жизнеспособностью и жизнестойкостью. К

примеру у дрейссен взрослые особи способны временно переживать колебания солености, нехватки кислорода и полного обсыхания. Ветвистоусые рачки отличаются наличием латентных(зимующих) яиц;

- восприимчивость различных экосистемы к расселению, освоению и натурализации интродуцированного организма. Она зависит от различных факторов, например таких, как градиенты основных факторов самой среды (температуры и солености), наличие свободных экологических ниш или слабая конкуренция в экосистемах между инвазивными и аборигенными видами;

- факторы, которые обуславливают успешный занос потенциального чужеродного вида в экосистему.

### 3.1 Судоходство

Глобальным экологическим фондом (ГЭФ) распространение чужеродных морских организмов в новые не характерные им регионы с балластными водами судов и на их внешней обшивке, либо иными путями, является одной из четырех самых существенных угроз для Мирового океана. По данным международной морской организации (ИМО) на долю морского транспорта приходится более 80% мировых перевозок, ежегодно во всем мире перевозится около 10 млрд т балластной воды, в которых регистрируется около 7000 организмов. В балластной воде и питьевой воде могут обитать планктонные виды либо мелкие виды, держащиеся у поверхностной пленки воды (захватываемые при заборе воды). На поверхности корпуса могут переноситься виды, способные к длительному закреплению на твердом субстрате: сессильные организмы, подвижные организмы, способные к длительному прикреплению к субстрату, и организмы, прикрепляющие кладки на твердый субстрат. В толще корпуса могут поселяться сверлящие организмы.

Учитывая современные технологии забора и перевозки балластной и питьевой воды, вселение моллюсков во внутренние воды Финского залива таким путем возможно для видов, которые часть жизни находятся в планктоне или нейстоне и дышат растворенным в воде кислородом. Перенос на внешней поверхности корпуса возможен для видов, способных к длительному закреплению на твердом субстрате. Возможность такого переноса ограничена лимитирующими факторами внешней среды вокруг судна, в первую очередь соленостью и током воды. Для успешного переноса обрастателей необходимо сочетание многих факторов: широкой эвригалинности, приспособленности к долговременному преодолению тока воды, способности к колонизации через планктонную и перифитонную стадии.

Финский залив является важным звеном большого водного пути, который соединяет южную и северную части России с Западной Европой и Америкой. Этот путь включает в себя бассейны многих морей, а именно Балтийское, Черное, Белое, Каспийское и Азовское моря, также путь включает в себя системы крупнейших озер, таких как Ладожское, Онежское, Великих Североамериканских озер и другие, реки и водохранилища систем Волги, Днепра, Дуная, Дона и др., которые соединяются каналами, созданными человеком. В Финском заливе проходят трансконтинентальные водные транспортные потоки, осуществляющие сообщение между морями, а также трансокеанические потоки соединяющие районы Северной и Южной Америки, Дальнего Востока, Австралии и Южной Азии. Протяженность пути насчитывает тысячи километров и по нему перемещаются сотни крупных судов, которые долгое время отстаиваются в разных портах, набирая и сбрасывая огромные объемы балластной воды, чтобы придать судну нужную осадку и устойчивость. В настоящее время при невероятных темпах современных масштабов и направлений грузопотоков судоходства, не удивительно, что происходит невероятно быстрое и практически всесветное распространение не аборигенных организмов. Проблема распространения

чужеродных видов с балластной водой судов принял глобальный характер. Риск проникновения опасных инвазивных видов сильно увеличивается в будущем при сохранении и увеличении такой же интенсивности судоходства в Финском заливе, так как планируется строительство портов в восточной части Финского залива и создание международных транспортных коридоров, которые будут проходить через Санкт-Петербург.

Главным регионом-донором биологических инвазий в Финский залив считается Понто-Каспийский регион. От общего числа зарегистрированных чужеродных видов 50% из них в восточной части Финского залива имеют понто-каспийское происхождение. В Финский залив проникают чужеродные организмы, которые негативно воздействуют на аборигенные виды и нативные экосистемы. Среди них можно выделить виды понто-каспийского (кладоцера *Cercopagis pengoi*, моллюск *Dreissena polymorpha*), северо-американского (полихета *Marenzelleria arctica*) и азиатского (китайский мохнарукый краб *Eriocheir sinensis*) происхождения. В результате отсутствующего надлежащего контроля за сбросом балластной воды судов и другими источниками биологического загрязнения возможно возникновение катастрофических и необратимых изменений в экосистемах Финского залива, что в последствии может стать острой и основной экологической проблемой региона. В результате распространения натурализовавшихся инвазионных видов в различных направлениях, Финский залив является регионом-донором для уже существующих инвазивных видов и возможных в будущем, в том числе и трансокеанических.

### 3.2 Интродукция

Вселение видов полезных в хозяйственных целях сопровождается занесением малоценных и даже опасных не нативных видов, в том числе

паразитических и болезнетворных организмов. В результате намеренной интродукции чаще всего оказывается негативное влияние на нативные экосистемы, что приводит к дальнейшему распространению инвазивных видов. Таким примером намеренной интродукции может быть вселение в конце 1970-х гг. байкальского рачка *Gmelinoides fasciatus*, который расселяли по многим водоемам Европейской части России. Вселение рачка было осуществлено без учета его основных биологических особенностей, он способен к хищному питанию и активному распространению. Ему хватило 10 лет, чтобы саморасселиться из многочисленных озер Карельского перешейка, распространиться в Ладожском озере и после добраться до акватории Финского залива. В настоящее время байкальский небольшой рачок является достаточно многочисленным представителем инвазивного вида в составе фауны акватории Финского залива.

Так же достаточно частое явление — слив воды из аквариумов в открытые водоемы. При этом наиболее теплолюбивые виды, как правило, способны выжить в искусственных водоемах, в которые производится сброс подогретых вод, или в водоемах самых южных районов. В расселении беспозвоночных и мелких рыб в последнее время заметную роль стали играть любительские аквариумы (случайный занос из них в естественные водоемы «экзотических» животных и растений). Расселение немалого числа видов в новом географическом районе начинается с культивирования их в аквариумах в качестве экзотических животных или растений. Попадая в водоем, они могут интродуцироваться и стать постоянными обитателями природных водоемов в будущем. Массовое содержание в аквариумах большого количества экзотов, в большинстве случаев нигде не учтены, они формируют серьезный источник биологического загрязнения.

В процессе глобализации для Финского залива, безусловно, являются актуальными и другие источники инвазии — на пример, связанные с использованием живых морепродуктов специализированными ресторанами и с

их транспортировкой. Этот источник инвазии уже стал довольно существенным для многих западных стран.

### 3.3 Климатические факторы

Климатические изменения в значительной степени влияют на ход многих естественных процессов, таких как гидробиологические, океанологические, и гидрологические. Они являются одной из важнейших группой причин, которые могут приводить к изменениям в экосистемах. В большинстве случаев их действие оказывает влияние на трофодинамику существующих экосистем. На динамику пищевых цепей и продуктивности водоемов оказывают влияние погодные условия зимой и весной, они имеют первостепенное значение. Также необходимо отметить, что наблюдаемая в последнее время тенденция к потеплению климата сказывается на состоянии экосистем Финского залива.

По данным наблюдений Гидрометцентра России, которые представлены на их официальном сайте, в районе Балтийского моря уже долгое время наблюдаются изменения аномальных температур поверхности моря. В период с 1998 по 2008 гг. в северной части моря – в Финском, Рижском и Ботническом заливах поверхностная температура увеличилась на 1°C.

В течение всего 2001г., средняя месячная температура поверхности океанов (ТПО) в Северном полушарии превышала норму, и, по сравнению с прошлым годом, в Атлантике и в Тихом океане в целом за год выросла на 0.1°C. На рисунке 3.3 видно, что вся Атлантика в 2001г. была очень теплой, в районе Балтийского моря аномалия составляла 0.0 – 0.9°C.

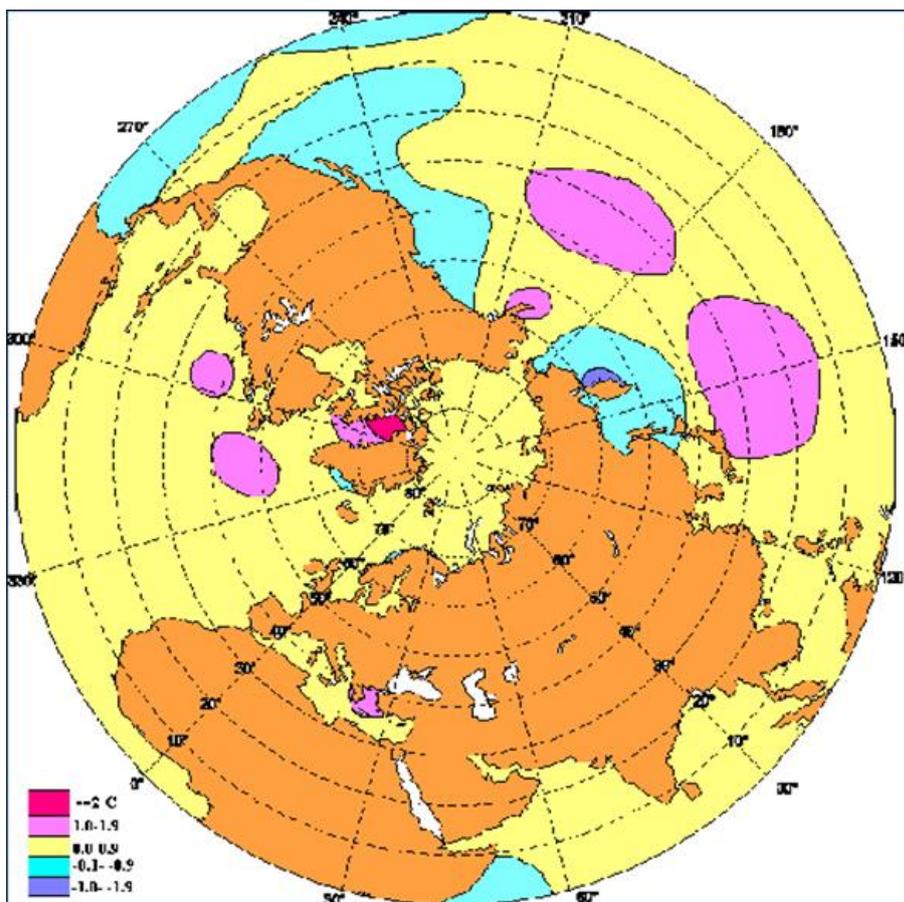


Рис 3.3. Аномалии среднегодовой температуры поверхности океанов в 2001г.

В течение года в районе Атлантического океана сохранялись высокие среднемесячные значения ТПО, а к концу года аномалии увеличились. На протяжении периода с 2001 по 2006 годы в Атлантическом океане по-прежнему сохранялась аномально теплая вода, что конечно же оказывало влияние на температуру Балтийского моря и его восточной части Финского залива. За этот период появился коридор для естественного распространения инвазивных видов, который открыл возможности для натурализации новых видов из более теплой западной части Балтийского моря. За этот период аномалии составляли 0,7 – 0,9 °С. Но уже в 2006 году температура поверхности океана начала сравниваться с нормой. До 2009 года температура в Балтийском море вернулась близко к норме. В 2010 году снова появились положительные аномалии поверхностного слоя воды, но температура придонного слоя оставалась без

изменений. В 2013 года температура все еще была близка к норме, но появились температурные аномалии, но уже холодные, в Балтийском море до сегодняшнего дня сохраняются аномально холодная температура воды, которая является нормой, для противостояния с теплыми водами Атлантического океана на западе, являясь барьером для масштабного расселения более теплолюбивых видов атлантического побережья. Зимой 2014–2015 гг. произошёл очередной заток большого объема североморских вод в Балтийское море. Во время заток более холодные и тяжелые воды Северного моря продвигаются по дну, замещая обедненные кислородом воды во впадинах Балтийского моря и перемещают их далее в Финский залив, в результате чего ухудшается его экологическое состояние.

По данным исследований состояние донных сообществ в Финском заливе зависит от периодических заток придонных с низким содержанием  $O_2$  вод из центральной части Балтийского моря и глубоководных впадин самого залива. Такие заток на больших участках дна акватории периодически уничтожают бентосных организмов. Частота заток вод с низким содержанием кислорода из Балтийского моря зависит от частоты заток соленых вод из Северного моря в Балтийское. Такие явления определяются фазой климатической циркуляции атмосферы, находящейся под влиянием индекса NAO (Северо-Атлантического колебания - САК, англ. North Atlantic Oscillation – NAO). Индекс NAO представляет собой разность приземных давлений над Азорским максимумом и Исландским минимумом. Когда регистрируются положительные значения индекса, наблюдается преобладание сильных западных ветров, которые несут теплый и влажный атлантический воздух на север Европейского континента. В результате чего зимы становятся мягче, но при этом количество осадков значительно увеличивается. Обратная ситуация наблюдается в периоды отрицательных значений индекса, когда происходят похолодание и уменьшение количества осадков и повторяемости западных ветров. В 1970-90 гг., наблюдалась фаза интенсивной циркуляции атмосферы в данном регионе,

происходило увеличение циклонической активности и увеличение стока рек, в то время затоки бескислородных вод были крайне редкими, а с середины 1980 гг. по 1995 г. они и вовсе отсутствовали. В результате произошло активное развитие донных сообществ, они достигли высоких количественных показателей. Начиная с середины 1990 гг. наблюдалась фаза пониженной атмосферной циркуляции, когда уменьшилось количество осадков и сток рек. Из-за этого в 1996 и 2003 гг. произошли мощные затоки северных морских вод в Балтийское море, которое привело к уничтожению сообществ бентосных организмов, которые были вытеснены бескислородными водами и также привело к увеличению биогенной нагрузки в акватории Финского залива. До середины 90-х годов открытые районы восточной части Финского залива были богаты макрозообентосом в количественном отношении, тогда в фауне доминировали ледниковые реликтовые ракообразные такие как, бокоплавы *Monoporeia affinis*, изоподы *Saduria entomon*, и *Pontoporeia femorata* Kroyer. На их долю приходилось более 90% от общей биомассы бентоса. Все эти виды были излюбленными кормовыми объектами салаки, которая обитает в ВЧФЗ и являющаяся основной промысловой рыбой данного региона, ее доля около двух третей от общих уловов рыба в этом регионе. В последующие годы наблюдалось медленное восстановление бентосных организмов, однако основными видами стали непригодные в пищу для салаки моллюски *Macoma baltica* многощетинковые и малощетинковые черви. Произошло снижение общей биомассы зообентоса, также произошли серьезные изменения в нем, а ведь он составляет основу кормовой базы рыб в Финском заливе, в результате всего этого произошло резкое падение улова рыбы - от 25–40 в середине 70-х годов до всего 3–4 тыс. т в год сейчас.

#### 4. Динамика состава флоры и фауны чужеродных видов

Количество чужеродных видов за последние 50 лет, обнаруженных в Балтийском море, превысило число их регистраций за весь период наблюдений, проводившийся ранее. Сравнивая последствия биологического загрязнения с другими видами загрязнения, в ряде случаев можно говорить о нанесении окружающей среде ущерба от инвазивных видов, который значительно выше тех последствий, которые возникают от других антропогенных факторов. Важное отличие биологического загрязнения от других видов загрязнений в том, что большинство загрязняющих веществ в водных экосистемах чаще всего разрушаются в ходе процессов самоочищения среды и контролируются человеком, а вот натурализовавшиеся инвазивные организмы размножаются и распространяются в окружающей среде чаще всего с непредсказуемыми и необратимыми последствиями. Чужеродные виды в большинстве случаев подавляют или полностью вытесняют аборигенные виды в ходе конкурентной борьбы или выедания, такие процессы приводят к упрощению структуры сообществ нативных экосистем и снижению их устойчивости к внешним воздействиям. Биологическая инвазия также может приводить к снижению качества воды, распространению паразитических и болезнетворных организмов, в том числе крайне опасных для человека.

В изучение инвазивных видов выделяют основные направления:

- Выявляют особенности и тенденции в динамике количественных показателей популяций и их распространении, оценивают инвазионный статус снова регистрируемых ненативных видов;
- Оценивают возможности новых появлений чужеродных видов;
- Оценивают воздействия наиболее успешных натурализовавшихся чужеродных видов на разные компоненты экосистем.

По заказу Комитета по экологии и природопользованию Администрации Санкт-Петербург была разработана и апробирована система мониторинга, специализирующаяся на биологическом загрязнении, для того чтобы оценить особенности и тенденции в динамике количественных показателей и распространении наиболее важных и успешных вселенцев и состояние экосистем в Восточной части Финского залива. Наблюдения, отбор проб и необходимые измерения осуществляли на 22 ежегодных, пяти сезонных в литорали, на мелководьях и в зоне бассейновой аккумуляции станциях, как того требует Методика ведения мониторинга чужеродных видов в Невской губе и восточной части Финского залива, разработанная в соответствии с федеральным законом «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ от 10.01.2002, законом Санкт-Петербурга «Об экологическом мониторинге на территории Санкт-Петербурга» от 17.04.2006 N 155-21.

Согласно аннотированному списку регистраций чужеродных видов животных и растений в акватории Финского залива в 2014 году (см.прил.1), можно констатировать, что помимо общего увеличения числа регистраций в сравнении с предшествующим 2008 годом ведения мониторинга, увеличилось также и количество встреченных чужеродных видов на участках ведения мониторинга. Как и в прошлые годы по числу вселенцев лидируют мелководные обитатели. По происхождению выявлено 12 представителей понто-каспийского инвазивного коридора, 5 северо-атлантического, 3 юго-восточной Азии, 2 западно-европейского, 1 Арктического бассейна, 1 Байкальский и 3 неизвестного происхождения. 22 из 25 видов натурализовались, что говорит об успешном расселении инвазивных видов в условиях нарушенных экосистем Финского залива.

#### 4.1 Фитопланктон

Пресноводные и солоноватоводные представители фитопланктона отмечены в районе Финского залива. В первую очередь это представитель альгофлоры Финского залива – *Skeletonema subsalsum*, а так же два понто-каспийских инвазивных вида цианобактерий *Aphanizomenon elenkinii* и *Aphanizomenon issatschenkoi*, которые были впервые зафиксированы за весь период наблюдений в 2014 году, но их локализация ограничена глубоководным участком акватории, примыкающей к Курортному району. Если *Skeletonema subsalsum* встречалась в массе большинства станций и периодически входила в состав доминат с высокими показателями обилия, то два последних вида встречались эпизодически и не достигали значительного обилия. В результате деятельности вселенцев наблюдались перестройки таксономического сообщества фитопланктона за счет появления сине-зеленых водорослей *A. elenkinii* и *A. issatschenkoi*.

#### 4.2 Зоопанктон

Таксономический состав в целом не изменился, как и прежние годы его основу составляют пресноводно-олигогалинные виды, 8 эвригалинных аборигенных морских видов характерны только для периодов затоков и апвеллингов. Все вселенцы могут быть отнесены к эвригалинноморскому и солоноватоводному комплексам.

Пробы зоопланктона собраны на станциях глубиной свыше 3 метров. В них были отмечены неаборигенные виды: понто-каспийский ветвистоусый рачок *Cercopagis pengoi*, хищная клadoцера *Evadne anonyx*, веслоногий рачок *Acartia tonsa* и два меропланктонных организмов (личинок донных животных) – велигеры понто-каспийских двустворчатых моллюсков *Dreissena polymorpha* и усонного рачка балянуса *Amphialanus improvisus*. Так же отмечены солоноватоводные (*Bosmina coregoni maritime*, *Limnocalanus macrurus*) и

эвригалинно-морские виды (*Pleopis polyphemoides*, *Synchaeta baltica*) в значительных количествах.

В ходе исследований *Cercopagis pengoi* встречалось в планктоне ежегодно и составляло значительную (до 40%) долю в биомассе зоопланктона, веслоногий рачок, хищная кладоцера и велигеры *Dreissena p.* также отмечались в планктоне восточной части Финского залива в ходе каждого года исследований, но численность этих видов и форм не достигала высоких значений. Для церкопагиса в Финском заливе характерно присутствие двух пиков численности и биомассы в период с конца июня по сентябрь-октябрь. Личинки дрессены обычно появляются в планктоне со второй половины июня, после прогрева воды на основной акватории до температур свыше 12 °С.

Понто-каспийское ветвистоусое ракообразное *Cornigerius maeoticus maeoticus*, в встреченное на акватории наблюдений в 2004-2008 годах, а так же личинки донного беспозвоночного полихеты *Marenzelleria neglecta* не были встречены в сборах 2014 года. Для первого вида, вероятно, абиотические и биотические факторы не были благоприятными для обитания этого вида и его успешной натурализации в Финском заливе. А вот отсутствие полихеты может быть связано с инвазией замещения *M. neglecta* на *M. arctica*.

Хищная понто-каспийская кладоцера *Cornigerius maeoticus maeoticus* была впервые обнаружена в Балтийском море на двух станциях в восточной части Финского залива в августе и сентябре 2003 г. Предполагается, что этот чужеродный вид был занесен в Балтику из Понто-Каспийского бассейна по Волго-Балтийскому водному пути с балластными водами судов, но дальнейшего роста численности новообразованной популяции и ее распространение по Финскому заливу не произошло, но возможно в других районах Балтийского моря произошла натурализация данного вида.

Североамериканская полихета *Marenzelleria neglecta* в Балтийском море за короткий срок распространилась на больших участках дна, заняв в бентосе

некоторых районов доминирующее положение. В российских водах восточной части Финского залива *M. neglecta* впервые были обнаружены в 1996 г. в Лужско-Копорском районе. По данным исследований 1997 и 2004 гг. изменения, произошедшие в донных сообществах восточной части Финского залива после вселения североамериканской полихеты *Marenzelleria neglecta*, в исследованном районе сформировались довольно многочисленные популяции *M. neglecta*, которые не привели к заметным изменениям биомассы других компонентов бентоса, в отличие от растущей популяции *M. arctica*. В ходе исследований с 2009 года по 2014 годы пелагические личинки многощетинкового червя *Marenzelleria neglecta* в исследуемой акватории отмечены в незначительном количестве, что говорит о быстрой экспансии *M. arctica* в акватории Финского залива.

В целом, количественные показатели видов-вселенцев в 2014 году были невысокими, за исключением *Cercopagis pengoi*, они составляли наибольшую долю в общей численности и биомассе зоопланктона и в количественных показателях соответствующих таксономических групп.

В планктоне восточной части Финского залива понто-каспийская полифемоида *Cercopagis pengoi* была впервые обнаружена в сентябре 1995 г. По данным опубликованных материалов, он широко распространился в Балтике и вошел в комплекс основных кормовых объектов многих видов промысловых рыб. Распределение *Cercopagis* в восточной части Финского залива неоднородно. Сначала своего расселения по 2002 год полифемоида встречалась на в солоноватых водах Финского залива, но уже в 2003 году была обнаружена на выходе из Невской губы, где вода почти пресная, а в 2004 г. На востоке Невской губы, где она прилегает к дельте Невы. В настоящее время *Cercopagis* служит кормовым объектом для большого числа промысловых видов рыб Финского залива. Он входит в состав зоопланктона. За все время, прошедшее с момента успешной интродукции хищника *Cercopagis pengoi* в восточную часть Финского залива, этот рачок не оказал существенного

ингибирующего влияния на большое видовое разнообразие зоопланктона в этом районе Балтийского моря.

*E. anonyx* в Балтийском море начала распространяться в 2000-х гг., и, в первую очередь, натурализовалась в Финском заливе. Успешной натурализации и расселению понто-каспийской кладоцеры *E. anonyx* в водах ФЧФЗ способствуют климатические изменения, наблюдаемые в последние десятилетия в данном регионе. В связи с повышением температуры воздуха повышается температура водных масс в Финском заливе.

#### 4.3. Бентос и перифитон

За период наблюдений произошло существенное пополнение разнообразия донных сообществ чужеродными видами, но и популяции самих чужеродных видов также претерпели существенные изменения.

Макрзообентос мелководного побережья (субаквальной литорали от уреза воды до глубин 2 м) отличался в 2014 году, как в предшествующие годы, сравнительно высоким видовым разнообразием и был представлен всеми основными таксонами первичноводных беспозвоночных и личинками гетеротропных насекомых. В 2014 году были обнаружены 3 вида чужеродных амфипод (*Gmelinoides fasciatus*, *Pontogammarus robustoides*, *Gammarus tigrinus*) из пяти, регистрируемых за все время наблюдений, распределение биомасс разных групп беспозвоночных в различных частях акватории наблюдений неравномерно (рис.4.3).

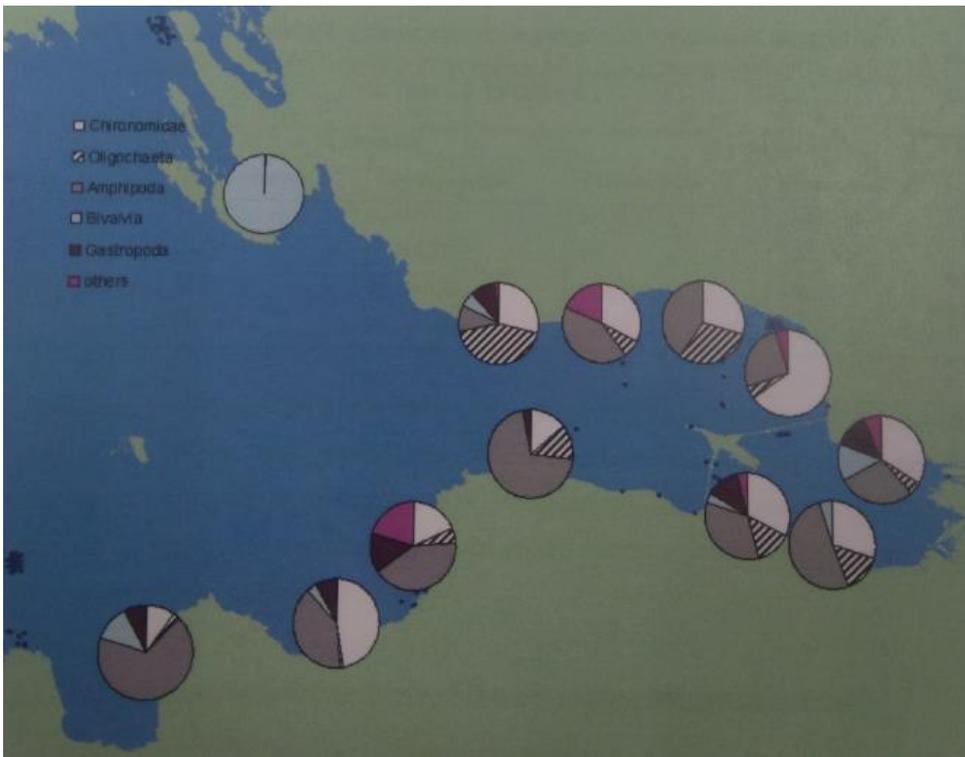


Рисунок 4.3. Состав зообентоса и % соотношение основных групп зообентоса в июле 2014 года

Аборигенные беспозвоночные в сообществах литорали уступают вселенцам, что видимо, связано с их уязвимостью по отношению к таким условиям среды, как цветение сине-зеленых и нитчатых водорослей, гипоксия. Среди аборигенных беспозвоночных доминируют олигохеты и хирономиды, так же как и на большинстве других исследованных участках акватории.

В прибрежье Курортного района амфиподы-вселенцы достигали по биомассе очень высоких значений. Так же лидирующее положение в общей биомассе зообентоса занимали хирономиды и олигохеты и некоторые прочие беспозвоночные (моллюски, ручейники и поденки). Среди трех видов амфипод, которых можно считать натурализовавшимися в акватории Финского залива, только два вида играли значимую роль в сообществах беспозвоночных, достигая высоких биомасс *G. fasciatus* и *P. robustoides*.

В 1960–1970-х гг. с целью улучшения кормовой базы рыб бокоплав *Gmelinoides fasciatus* интродуцирован в водоемы России. Байкальский эндемик широко распространился в различных водоемах европейской части России. В Ладожском озере *G. fasciatus* был обнаружен в 1988 году, откуда распространился и пресноводную акваторию Финского залива. Способен переносить значительное эвтрофирование водоема, крайне устойчив к некоторым загрязнителям, также он способен приспосабливаться к большому числу неблагоприятных факторов и соответственно одним из самых первых заселяет водоемы, которые загрязнены промышленными стоками. Амфипода *Gmelinoides fasciatus* относится к обширной систематической группе ракообразных и является видом-вселенцем, который в силу низкой солености успешно приспособился к обитанию в водах Финского залива. Обследование прибрежной зоны Финского залива в летний период 2015 года показало, что амфипода *Gmelinoides fasciatus* встречается только в одном из исследованных мест, соленость воды которого не превышает 0,1-0,2 %. Данный факт указывает на то, что даже не столь существенный градиент солености Финского залива является сдерживающим фактором повсеместного распространения исходно пресноводного рачка.

По биомассе разных таксонов в мелководной прибрежной части Финского залива лидируют амфиподы, представленные в основном видами вселенцами с биомассой  $6,01 \pm 1,33$  г/м<sup>3</sup> в городской акватории, на втором месте хирономиды, максимальные значения наблюдались также в городской акватории  $4,92 \pm 1,23$  г/м<sup>3</sup>, а на третьем месте олигохеты с максимальным значением биомассы  $2,34 \pm 1,23$  г/м<sup>3</sup> в городской акватории, биомасса двустворчатого моллюска *Dreissena spp.* в городской акватории незначительная  $0,26 \pm 0,13$  г/м<sup>3</sup>, но в прибрежной зоне Ленинградской области достигает лидирующих значений в Ленинградской области  $154,44 \pm 153,4$  г/м<sup>3</sup> и для российской части Финского залива  $64,50 \pm 64$  г/м<sup>3</sup>.

Дрейссена (*Dreissena polymorpha Pallas*) – один из видов, который в настоящее время активно расселяется по водоемам Европы и Северной Америки из бассейна Каспийского моря. Распространение моллюска связано с магистральными водными системами. На территории Европейского Севера России расселению гидробионтов – вселенцев способствовало соединение бассейнов Балтийского и Каспийского морей Волго-Балтийским водным путем, а также бассейнов Белого и Каспийского моря Северо – Двинским. Дрейссена можно рассматривать как вид-детерминант по отношению к другим видам. Скопления дрейссены являются мощным фактором, изменяющим среду обитания и формирующим сообщество донных макробеспозвоночных.

Виды-вселенцы доминируют по биомассе повсеместно на мелководной литорали, более 40% биомассы зообентоса представлено в этих сообществах амфиподами. Их численность составляла 1 тыс.экз./м<sup>3</sup>, что заметно меньше численности в период 2002-2005, когда численность была от 2,5 до 3,5 тыс.экз/м<sup>3</sup>. Сезонная динамика численности и биомассы *G. fasciatus* и *P. robustoides* характеризуется значительной вариабельностью. В Курортном районе численность *P. robustoides* варьировалась от 250 до 2500 экз./м<sup>2</sup>, а биомасса достигала 10 г/м<sup>2</sup>, такие значения достигались в период активного выхода и роста молоди первой генерации в июле. Численность 200 экз/м<sup>2</sup> и биомассы 0,5 г/м<sup>2</sup> байкальской *G. fasciatus* в 2014 году были низки в этом районе, только на немногих оставшихся местообитаниях данного вида наблюдается численное превосходство над понтогаммарусом, так как он существенно влияет на численность байкальца, кроме пресса со стороны конкурента на распространение *G. Fasciatus* влияет соленость воды. В среднем биомассы *G. Fasciatus* ниже биомасс *P. robustoides*. Только в районах загрязнения литорали нитчатыми водорослями и местах ухудшения кислородных условиях в литорали *G. Fasciatus* наращивает свое преимущество над *P. robustoides*. С загрязнением литорали разлагающимися нитчатками и ухудшением кислородных условий в придонных местообитаниях наращивают

свою численность более устойчивые к этому типу загрязнения *G. fasciatus*, но в условиях возрастания солености воды преобладание по численности и биомассе наблюдается у понто-каспийского вселенца. Так же не исключено и дальнейшее снижение общей численности и биомассы *G. fasciatus* и *P. robustoides* в результате межвидовых отношений с расселяющимися бокоплавом североамериканского происхождения - *Gammarus tigrinus*, демонстрирующим экспансию, занимая в подходящих биотопах доминирующее положение в сообществах-реципиентах.

Будучи всеядными, амфиподы-вселенцы при высоких численностях могут выедать мелкие виды беспозвоночных, например, личинки насекомых, изоподы и амфиподы других видов употребляются ими в пищу. Взрослые особи *P. robustoides* ведут себя крайне агрессивно по отношению к другим видам, часто нападая на *Asellus aquaticus*, *G. fasciatus*, хирономид, личинок поденок и даже жуков, при этом их рацион часто превышает физиологические потребности. Другие виды вселенцев также способны активно влиять на численность обитателей литоральных областей. Поэтому одновременно с распространением и натурализацией чужеродных амфипод наблюдается снижение численности и даже исчезновения аборигенных видов высших ракообразных, многие аборигенные амфиподы к настоящему времени заметно сузили свои ареалы либо вовсе исчезли.

Рост численности двух ключевых видов амфипод байкальской *G. fasciatus* и понто-каспийской *P. robustoides*, видов вселенцев лимитируется факторами окружающей среды (эвтрофирование), а также трофическими взаимодействиями в сообществе, как между разными видами амфипод, так и хищным прессом со стороны бентосоядных рыб, также чрезмерному высокому развитию амфипод могут препятствовать паразиты, около 40% особей ключевых видов амфипод заражены паразитами.

#### 4.4 Макрозообентос

В составе макрозообентоса основу составляют пресноводные виды донных беспозвоночных, наиболее богато представлены личинки амфибиотических насекомых, меньшим числом первичноводные таксоны и легочные моллюски.

На основе данных многолетних наблюдений исследовано распределение сообществ макрозообентоса в акватории Финского залива. Наиболее значительные изменения в бентосе до 2008 г. связаны с периодическим возникновением гипоксии, а начиная с 2009 г. обусловлены масштабной экспансией чужеродной полихеты *Marenzelleria arctica*.

Характеризуя макрозообентос в целом, среди особенностей 2014 года следует отметить следующие:

- большее количество регистраций вселенцев в сравнении с предшествующими периодами;
- несколько пониженное видовое разнообразие макрозообентоса, в том числе это относится и к вселенцам, представляющих одну из доминирующих групп олигохет, в сравнении с наблюдениями 2004-2008 года.;
- распространение по основной акватории наблюдений нового вида вселенца - *Marenzelleria arctica*;
- распространение эврибионтной (обитающей в том числе и в почве) немертины *Prostoma puteale*;
- существенные изменения в периодичности размножения и успехе пополнения молодью поселений доминирующего в биотопе каменистых и смешанных грунтов двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha*, лидирующего по биомассе в ассоциациях бентоса и перифитонов.

Количество обнаруженных таксонов на разных участках варьируются от 2 до 20, чужеродных видов от 9 до 14. Наибольшей частотой встречаемости на всей обследованной акватории отличались малощетинковые черви. Из донных вселенцев обнаружен малощетинковый червь *Potamothrix moldaviensis*, существенно расширили свой ареал особи китайского мохнорукого краба *Eriocheir sinensis*, талитриды *Orchestia cavimana* и креветки *Palaemon elegans*.

*Palaemon elegans* регистрируется в уловах на прибрежном мелководье с 2013 года. Первые единичные выборки были найдены в районе Выборгского залива, в 2014 году уже были собраны массовые выборки разновозрастных особей, включая раннюю молодь и самок с кладками оплодотворённой икры. Данный вид принадлежит к понто-каспийскому региону, встречался на станциях с соленостью от 3,0 до 1,5 ‰. Для данного вида в естественном ареале и в области расселения отмечена высокая степень эврибионтности. Спектр питания креветки широк – от детрита и обрастаний до бентоса, икры рыб и крупных мертвых организмов. Отмечается распространение вида по речным бассейнам, что говорит о высокой степени эвригалинности.

Китайский мохнаторукий краб *Eriocheir sinensis* встречается повсеместно по всей акватории Финского залива и Неве, но на территории России находки более редки, чем в водах Финляндии, также известны случаи находок его в Ладожском озере и в устье реки Свирь. Данный вид в ВЧФЗ известен уже давно, но он все равно остается малоизученным, возможно это связано с тем, что у него крайне низкая плотность популяции и проблема, связанная с техническими трудностями для его поимки.

В общей сложности в мелководной зоне встречено 6 массовых видов беспозвоночных-вселенцев. Массовый характер в последние годы приобрели поселения многощетинковых червей рода *Marenzelleria*. Впервые полихеты рода *Marenzelleria* обнаруженные в Финском заливе в 1990 г., в 2008 г. массово заселили участки дна в восточной части Финского залива. Вид эвригалинен и устойчив к гипоксическим явлениям, что в итоге способствовало успешному

вселению. Уже в 2009 году эти полихеты стали ведущим представителем макрозообентоса Финского залива, а местами практически единственным, представителем макрозообентоса.

Основной фактор влияния среды в распределении численности полихет является глубина Финского залива. Так, максимальная численность *Marenzelleria spp.* (более 3000 инд./м<sup>2</sup>) встречается на мелководье (глубины до 30 м) в водах с невысокой соленостью (от 3 до 6 ‰), средней температурой 8.6 °С и средним показателем рН, равным 7.3. Низкие численности полихет (менее 1000 экз/м<sup>2</sup>), относятся к более глубоководным западным частям залива, где вода более соленая и холодная, а показатель рН выше. Вследствие возникновения гипоксических и аноксических явлений уничтожаются донные сообщества мейобентоса и макрозообентоса, а в ходе последующей восстановительной сукцессии преимущество имеют представители полихеты *Marenzelleria*, которые из-за наличия планктонной личинки способны быстро распространяться на свободные участки дна. Таким образом, в открытых районах Финского залива мейобентос неспособен компенсировать исчезновение или сильное обеднение макрозообентоса при возникновении придонной гипоксии, которая в последние годы стала обычным явлением на большей части акватории Финского залива.

Полихеты *Marenzelleria*, вселившиеся в Финский залив, за короткий промежуток времени привели к значительным биогеохимическим изменениям в донных отложениях, затрагивающие циклы фосфора и азота, которые играют основную роль в эвтрофировании водоемов. Изменения кислородных условий придонного слоя определяет направление потоков биогенных соединений. Активная биотурбационная и биоирригационная деятельность полихет способствует росту глубины, куда происходит проникновение кислорода в донные отложения и росту площади окисленного слоя, который препятствует выходу фосфатов из отложений. Изменение соотношения растворённого азота

и фосфора приводит к уменьшению доли синезеленых водорослей в фитопланктоне, что, в свою очередь, улучшает кормовую базу зоопланктона.

В результате, чувствительные к недостатку кислорода ледниковые реликтовые ракообразные были заменены устойчивыми к гипоксии арктическими полихетами *Marenzelleria arctica*. Исследования в Финском заливе показали благоприятный эффект вселения *M. arctica* на кислородный режим и формирование кормовой базы рыб – как планктофагов, косвенно, за счет увеличения биомассы кормового планктона, так и бентофагов.

#### 4.5 Ихтиоценозы

Процесс проникновения и натурализации некоторых видов рыб морской и речной фауны во многом обусловлен наличием свободных экологических ниш зоопланктофагов и хищников.

На данный момент в ихтиофауне ВЧФЗ насчитывается 5 видов вселенцев. В ихтиофауне Невской губы и восточной части Финского залива в последние десятилетия отмечались такие рыбы–вселенцы как радужная форель, чукучан, осетровые. Эти представители рыб, скорее всего сбежали из экспериментальных или фермерских рыбоводных хозяйств и в водоемах встречаются эпизодически.

Рыбы-вселенцы: ротан, бычок-цуцик, бычок-кругляк и серебряный карась *Carassius gibelio* – давно натурализовавшиеся в восточной части Финского залива. Доминирующим по численности видом является ротан 125 экз./100м<sup>2</sup> в 2014 году.

Широко распространившийся в пресноводной части Финского залива *Perccottus glenii Dybowski* или ротан–головешка, во второй половине 20 века

переселился с Дальнего Востока и стал обычным во многих водоемах Европейской части России. Ротан отмечен в опресненной части Финского залива с 1922 г. Ротан – прибрежная рыба, преимущественно отмечается в районе северного берега Невской Губы, а также вблизи комплекса защитных сооружений Санкт–Петербурга. Расселение ротана один из ярких примеров экспансии вида за пределы его природного ареала. Ротан характеризуется как эврифаг с преобладанием бентофагии. Достигнув большого размера, ротаны начинают питаться молодью рыб, при этом более крупные особи питаются только рыбой. Таким образом влияя на состояние аборигенной ихтиофауны. В частично изолированных, заросших водной растительностью мелководьях, где и обитают ротаны, оказываются под угрозой многие промысловые рыбы, так как заросли одновременно служат нерестилищами, убежищами и выростными угодьями для молоди промысловых рыб. Ротан избегает открытых акваторий, течений, значительных (более 3 м) глубин, участков, лишенных высшей водной растительности, не встречается на биотопах даже со слабой соленостью воды (более 1–2‰). Ротан является стенобионтным видом, именно это не позволило ему за многолетний период оккупировать весь Финский залив, в средней и западной частях которого соленость возрастает до 5–7‰.

Чужеродный бычок-цуцик *Proterorhinus semilunaris* и бычок-кругляк *Nejgobius melanostomus* впервые обнаружены в акватории Невской губы в 2006 году. В пищу бычки употребляют зоопланктон и зообентос, являясь бентофагами в течение всей жизни. Возрастание численности бычков в заливе, высокий темп их роста, наличие всех возрастных групп (при продолжительности жизни до 4–5 лет) свидетельствуют о формировании устойчивых самовоспроизводящихся популяциях. В Финском заливе для них оказались благоприятные условия размножения и достаточная кормовая база. Вселенцы заняли специфическую экологическую нишу в экосистеме Финского залива. При дальнейшем росте численности они могут вступить в пищевую конкуренцию с местными бентофагами, среди которых есть ценные

промысловые виды, и стать важным объектом питания хищников, как это наблюдается в естественном ареале. Они по своим экологическим характеристикам представляются более инвазионноопасными, чем ротан и способны оккупировать весь Финский залив и другие районы Балтики.

Серебряный карась *Carassius auratus gibelio* стал промысловым видом после натурализации, хоть он и чужеродный для Финского залива.

Новый компонент местной ихтиофауны - европейский анчоус *Engraulis encrasicolus*. Поимка данного вида рыб была зарегистрирована в 2010 году в Финском заливе, попавшие сюда из южных морей. Анчоусы регистрировались в улове даже зимой на глубинах до 40 м. Необходимо сказать, что аномально теплые годы наблюдались и ранее, но вначале 70-х они не вызвали расселения анчоуса по акватории Финского залива. Так что поимка анчоусов крайне неожиданная для данного региона, хотя стоит сказать о том, что при проведении специального исследования по вопросу расселения анчоуса, можно было бы предсказать такую ситуацию, ведь с 1930-х годов регистрируются поимки анчоусов в Балтийском море, происходившие еще задолго до наблюдаемых сейчас климатических изменений. Можно ожидать и дальнейшего расширения его ареала.

#### 4.6 Общая характеристика разнообразия и значения в его формировании вселенцев

Во всех районах акватории по наблюдениям за состоянием окружающей среды и состоянием сообществ популяций видов-вселенцев в 2014 году, благоприятном в том числе и по погодным условиям произошла стабилизация состава и количественного обилия сообществ-реципиентов.

Основные направления воздействий вселенцев на различные компоненты экосистем среди более чем 20 видов натурализовавшихся вселенцев, массового развития на отдельных участках достигли восточной части Финского залива только некоторые. Независимо от своей таксономической принадлежности, эти шесть наиболее успешных или «ключевых» видов относятся всего к трем функциональным группам, каждая из которых может оказывать определенные, присущие ей воздействия на разнообразие экосистем-реципиентов на разных уровнях организации этих экосистем. Первые два вида – прикрепленные сестонофаги-фильтраторы. Следует отметить, что с их вселением в Финском заливе появился новый особый вид сообществ – сообщества обрастания морского типа. Следующие четыре вида – подвижные всеядные формы, во взрослом состоянии по преимуществу хищники. Наиболее заметные результаты их воздействия на сообщества-реципиенты часто выражаются в вытеснении местных видов со сходными экологическими требованиями и резком снижении количественных характеристик популяций видов, используемых ими в качестве жертв. Существенные перестройки планктонных сообществ под влиянием церкопагиса, косвенно приводящие к эффекту эвтрофирования. Третья группа – детритоядных с переходом к сестонофагии представителей инфавны представлена широко распространенной ныне в Балтийском море полихетой – маренцеллерией. Воздействия представителей этой группы на экосистемы определяются их образом жизни – прежде биотурбацией и, как следствие, переотложением донных осадков, высвобождением ранее захороненных веществ и изменением условий существования для других роющих организмов.

Если число видов-вселенцев в Финском заливе не слишком впечатляет на фоне обширных общих списков фауны и флоры, то распространение в регионе, обилие и роль в экосистеме некоторых из них оказываются очень значимыми. Несколько видов-вселенцев, стали доминантными формами в сообществах планктона, бентоса, морского обрастания и прибрежной ихтиофауне, превосходя по успешности развития виды аборигены. Число обнаружений

новых видов вселенцев в Финском заливе продолжает расти (за период 2004-2006 г.г. их было восемь), эта тенденция обещает сохраниться и в перспективе. Однако, несмотря на значительное число регистраций новых вселенцев, лишь немногие из вновь пребывавших видов образуют в Финском заливе устойчивые.

Поселения донных беспозвоночных отличаются высоким таксономическим разнообразием, всего зарегистрировано 15 основным таксонов, среди обрастатели-вселенцы дрейссена и кордилофлора встречаются с частотой 40 и 73%. Среди прочих чужеродных видов обычны марецеллерия (частота встречаемости 15%), брюхоногий новозеландский моллюск *Potamorygus antipodarum* (15%), процветающий в условиях термофикации в районе ЛАЭС, малощетинковый червь *Potamothrix moldaviensis* (50%). Поселения донных макробеспозвоночных в 2014 году отличались высокими показателями численности (до 25674 экз./м<sup>3</sup>) и биомассы (до свыше 3 кг/м<sup>3</sup>)

Высокие показатели биомассы перифитона на станциях наблюдений обусловлены поселениями ключевого чужеродного вида – *Dreissena polymorpha*. Вклад дрейссены в биомассу поселений донных беспозвоночных колеблется от 40% до 99%, основу численности составляли *Chironomida* и *Dreissena*. Численность и биомасса дрейссены заметно колебалась в связи с разнонаправленными процессами, обуславливающими динамику популяции, к примеру, в связи с успешным пополнением популяции молодью.

Из-за вклада чужеродных видов в общую биомассу бентоса в восточной части Финского залива, значения достигают ранее не регистрируемых величин, иногда достигая 5 кг/м<sup>2</sup> при средней величине 3 кг/м<sup>2</sup>, основной вклад вносит биомасса дрейссены, такие значения сказываются на биологической продуктивности во всей акватории. Воздействия дрейссен разнообразны и касаются пелагических и донных сообществ экосистем-реципиентов. Дрейссены сосуществуют с аборигенными двустворчатыми моллюсками на мелководьях, создавая тем самым пояс фильтраторов в зонах техногенного воздействия. Так же дрейссена потребляется местными рыбами-бентофагами, у

100% отловленных экземпляров плотвы пищевой комок состоит из дрейсены, что также свидетельствует о положительной роли этого вселенца в экосистемах Финского залива.

В песчаных грунтах наблюдается низкое таксономическое разнообразие в сравнении с перифитоном, развивающимся на каменистых и смешанных грунтах – 9 основных таксонов в сравнении с 15. Наблюдаются увеличения вселенцев в 2014 году, впервые обнаружен мелощетинковый червь *Tubificoides pseudogaster*. Солоноватоводный вселенец, ранее регистрируемый в мезогалинной зоне Финского залива или за пределами Российского сектора Финского залива, теперь начал свое распространение и на городскую акваторию. Так же вблизи моренных выходов присутствуют обрастатели-вселенцы – дрейссена и кордифлора.

Наблюдается заметная роль естественной динамики балтийских вод, а в отдельных случаях и североморских вод в формировании гидрологического режима Финского залива под влияние апвеллингов и затоков. Так же имеются участки, испытывающие на себе действие термофикации. В отепленных пятнах возможно формирование локальных поселений тепловодных видов, которые в условиях изменений климата и при действии универсальных генетических механизмов способны стать участками-плацдармами для их дальнейшего расселения в акватории Финского залива. В таких районах есть возможности расселения термофильных или даже тропических видов, источниками которых могут являться абортивные переносы или любительские аквариумы. Такими местами являются районы очистных сооружений и Копорской губы вблизи ЛАЭС. В районе ЛАЭС соленость воды в Копорской губе составляет около 4,3 ‰, летом температура воды может превышать 25°C. Зимой температура воды около 5° и отсутствует ледовый покров. *M. leucophaeata* благодаря широкой солеустойчивости может расширить свое распространение из данного района в другие места акватории Финского залива. Нижний предел для воспроизводства метилопсиса 13°C, но взрослые особи способны переносить и более низкие

температуры. Похожая ситуация наблюдается с 2011 года в системе водоема-охладителя АЭС Форсмарк в южной части Ботнического залива[2]. Быстрая скорость размножения в такой среде может привести к возникновению плотных популяций обрастателей, которые могут засорить водозабор и привести к повреждению или вызвать отказ систем охлаждения[1].

Количественные показатели и таксономическое разнообразие многих группировок-реципиентов биологических инвазий находятся на обычном уровне, исключение составляют мелководные участки районов проведения гидротехнических работ. В некоторых группировках (литоральный макрозообентос, бентос зоны бассейновой аккумуляции, прибрежные зоны) произошло увеличение доли вселенцев в общих величинах численности и биомассы, прежде всего за счет видов, демонстрирующих экспансию. В составе фитопланктона отмечена тенденция к развитию потенциально токсичных видов, что может быть следствием продолжившегося эвтрофирования залива и благоприятных погодных условий. Не исключены и межвидовые взаимодействия между аборигенными и чужеродными видами. В 2014 году отмечено наличие локальных поселений организмов перифитона не только на типичных для них участках, но и в подходящих микроместообитаниях песчаных биотопов, что может быть связано с успешным и повсеместным пополнением популяций обрастателей, представленных только вселенцами, молодью, ставшим более регулярным, чем в прежний период наблюдений.

В общей сложности за 6 лет ведения мониторинга (2004-2008 и 2014 гг) зарегистрировано 45 видов-вселенцев. Из числа беспозвоночных – наиболее разнообразной группы вселенцев – 32 вида, круглоротых и рыб – 9, высших водных растений и цианобактерий по 2. Из 45 видов однократно зарегистрированы только 2, то есть остальные находятся на разных стадиях прохождения инвазии, в том числе несколько (*Gammarus tigrinus*, *Proterorhinus Semilunaris*, *Marenzelleria arctica*, *Nejgobius melanostomus*, *Palatmon elegans*) демонстрируют фазу экспансии.

За исключением *Gmelinoides fasciatus*, популяции всех ключевых видов сохранили относительно высокие количественные показатели, либо восстановили их после неблагоприятного во многих отношениях 2007 года. Выявлена экспансия трех чужеродных видов, детали и динамика которой, из-за большого перерыва не была своевременно отслежена. На рисунке 4.7 представлен таксономический состав чужеродных видов и их процентное соотношение.

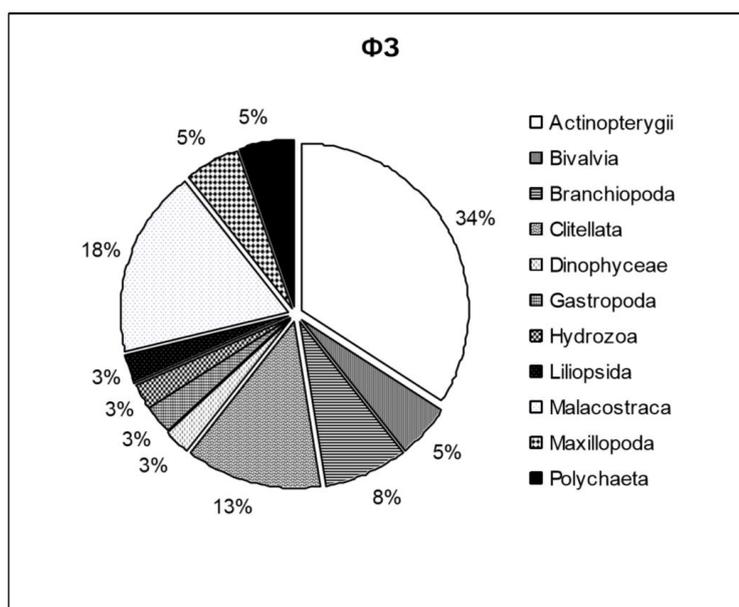


Рисунок 4.7. Таксономический состав чужеродной биоты в Финском заливе

## 5 . Рекомендации по ведению мониторинга за чужеродными видами

Контроль инвазивных видов и изучение их роли в новых местообитаниях признаны одними из важнейших задач для мониторинга экосистемы Балтийского моря, особенно в его прибрежных и эстуарных участках, к которым относится и Финский залив. Знание актуального таксономического состава региональных флор и фаун и выявление направлений их изменчивости – основа краткосрочного и долгосрочного прогнозирования характеристик биоты в целях морской деятельности, однако для морских акваторий РФ не ведется специализированного мониторинга чужеродных видов, да и обобщающих работ по этой теме недостаточно.

Исследования, проведенные в акватории Финского залива, показали, что восточная часть Финского залива стала своего рода накопителем и инкубатором чужеродных видов организмов. Наиболее активно биологическое разнообразие изменяется за счет вселения донных организмов. Число вселенцев в донных сообществах составляет более 10% от общего числа видов, но их доля в биомассе намного больше и достигает 40-80%. Из Невской губы и восточной части Финского залива организмы-вселенцы проникают в остальные регионы России, а из России – в страны Западной Европы и Северной Америки. Вселение новых видов в экосистемы водоемов может приводить к серьезным изменениям функционирования их экосистем. Экосистемы Финского залива за последние десятилетия претерпели серьезные изменения, появление новых видов, у которых произошли изменения их ареала и численности. Проблема исследований этих процессов осложнена тем, что не организован соответствующий мониторинг.

Вселение чужеродных видов животных, растений и микроорганизмов в нативные экосистемы в результате человеческой деятельности, представляя собой биологическое загрязнение, именно поэтому необходим мониторинг за чужеродными видами, как и мониторинг атмосферного воздуха, существующие угрозы от биологического загрязнения угрожают здоровью человека и его хозяйственной деятельности. Скорость биологических инвазий в XXI веке возрастает в разы, не исключением становится и Финский залив, в котором наблюдается активная судоходная деятельность, строятся новые порты, в прошлых столетиях были построены каналы, соединяющие бассейны рек Понто-Каспийского (Черное, Азовское и Каспийское море) и Балтийского регионов.

Финский залив является одним из самых эвтрофированных заливов Балтийского моря. Помимо антропогенного воздействия, заметную роль в ухудшении его экологического состояния играют природные климатические и биотические факторы.

Проведенный анализ показал, что в экосистеме Финского залива произошли заметные изменения в результате деятельности инвазивных видов. Увеличение их числа служит подтверждением, что экосистемы подвергаются серьезным изменениям в результате натурализации и последующим расселением инвазивных видов. В ближайшее время можно ожидать дальнейшее расселение натурализовавшихся видов в акватории Финского залива на восток, в Неву и озера бассейна и на запад, в другие районы Балтийского моря и за его пределы, с судоходством и путем естественного расселения. Такой схемы расселения можно ожидать от многих чужеродных видов при условии благоприятных погодных, трофических и приемлемых гидрооптических условий. На основании проанализированных мной данных из разных источников и литературы стало ясно, что необходимо продолжение мониторинга за инвазивными видами в акватории Финского залива и внесение поправок в его Методику в связи с новыми находками и появлением новых ключевых видов, способных

существенно менять видовое разнообразие и функциональное разнообразие сообществ в районе Финского залива. Регистрация 45 чужеродных видов на акватории ВЧФЗ, которые способны продолжать расселение на городскую акваторию и в другие районы Финского залива и Балтийского моря, большинство которых можно считать натурализовавшимися, говорит о том, что Финский залив является крайне богатым регионом-донором для инвазивных видов, наличие которых может привести к необратимым экологическим и экономическим последствиям. Создавшаяся ситуация возрастания опасности биологического загрязнения требует проведения непрерывного мониторинга экологического состояния Финского залива.

За период с 2008 по 2014 годы в ходе мониторинга были приведены впервые или идентифицирована фаза экспансии для 12 видов водных организмов. В ходе работ была зарегистрирована инвазия на изолированные островные местообитания залива потенциально опасного наземного вида беспозвоночных – *Arianta arbustorum*. Необходимо проведение мониторинга за потенциально опасными видами ежегодно для изучения и предотвращения процессов их натурализации.

Необходимо обновление списка потенциальных вселенцев, на основании исследований биоразнообразия ближайших регионов и дальних регионов, возможностей инвазии тех или иных видов, для которых условия Финского залива могут стать благоприятными. Рассмотреть возможные инвазии из ближайших регионов-доноров – водоемов волго-балтийского пути и юго-восточной Балтики, а также внутренних водоемов северо-запада России и восточной, центральной Европы, Финляндии, прибалтики и Белоруссии. Возможности вселения в район исследования других видов цианобактерий, водорослей и сосудистых растений, водных беспозвоночных планктонных и донных, среди которых наибольшим потенциалом обладают ракообразные и моллюски с двухфазным жизненным циклом, инвазии которых способствуют естественные гидрологические особенности Финского залива – апвеллинги и затоки.

Продолжение наблюдений за уже известными вселенцами по данным прошлых мониторингов. Продолжать наблюдения за расселением двух видов донных рыб – бычка цуцка и черноротого бычка, которое скорее всего уже активно происходит с момента проведения последнего мониторинга в акватории Финского залива. Важно сказать, что вместе с появлением и увеличением численности чужеродных видов, наблюдаются обратные процессы, при которых сокращаются ареалы и численность некоторых аборигенных видов. В настоящее время такие процессы происходят довольно быстро и повсеместно, поэтому это явление не успевает быть изученным должным образом, так что рекомендуется внести изменения в Методику по данному вопросу.

В связи с быстрой экспансией *Gammarus tigrinus*, *Proterorhynchus*, *Semilunaris*, *Marenzelleria arctica*, *Nejgobius melanostomus*, *Palatmon elegans*, в том числе и нестабильные биотопы береговой зоны, необходимо включить их в число ключевых видов мониторинга и внести соответствующие поправки в Методику. Из-за отсутствия надлежащего контроля и долгих перерывах в наблюдениях, не было своевременно отслежена экспансия *M. arctica*, произошли существенные изменения в составе биоразнообразия Финского залива, образовались устойчивые популяции инвазивных видов. Так что необходимы дальнейшие наблюдения за пелагическими сообществами и спецификой их видоизменения под влиянием популяций видов-вселенцев. Инвазия *M. arctica* привела к кардинальной перестройке всей экосистемы восточной части Финского залива, вследствие крупномасштабного распространения полихет и их высокой численности, необходимы детальные исследования, направленные на выявление возможных последствий жизнедеятельности данных организмов в геохимическом и экологическом аспектах.

Необходимо создание шкалы агрессивности и уточнения статуса инвазионных видов для акватории Финского залива. В соответствии с этим

предлагаю каждому статусу в шкале агрессивности присвоить термин. Без регулярных наблюдений выявление четко выраженных последствий инвазии на развитии местных видов невозможно, дальнейшие наблюдения требуют изучения межвидовых трофических взаимодействий вселившихся видов между собой и с аборигенными видами и их влияние на формирование рыбных ресурсов. Для полного анализа сезонной динамики численности и популяционных характеристик инвазивных видов требуется более высокая частота и продолжительность сбора материала чем заявленные 2 года в Методике, а на практике, не проводившейся с 2014 года.

Необходимо проведение оценки значимости факторов среды для формирования чувствительности экосистем Финского залива к инвазиям чужеродных видов. Проведение более полных наблюдений и научных исследований процессов распространения инвазивных видов в данном регионе и разработке способов борьбы с биологическим загрязнением. Решение вопроса о возможности прогнозирования биологических экспансий и их последствий. Контроль биологических инвазий, с помощью разработки точных методик прогнозирования для выделения потенциально инвазивного вида, прогнозирования характеристик экспансии, моделирования воздействия на экосистему.

Для дальнейшего изучения проблемы биологических инвазий, необходимо создание комплексной программы экологических исследований, также необходимо найти рациональные пути поддержания относительной стабильности популяций животных и растений, а также подавления и размножения инвазивных видов, представляющих угрозу для экосистем и человека в целом. Требуется разработка рекомендаций по улучшению экологического состояния Финского залива, которая учитывала бы влияние антропогенных, биотических и климатических факторов.

Необходимо внедрение практических мероприятий, которые позволили бы преждевременно определять интродукции неаборигенных видов в Финский

залив, а также разрабатывать региональный план действий за контролем и по предотвращению расселения чужеродных видов и патогенных микроорганизмов в бассейне Финского залива с балластными водами судов. Для предотвращения подобных ситуаций должна быть создана охватывающая все стороны данной проблемы административно–правовая база. Необходимо найти технические решения снижения рисков от заносов опасных инвазивных организмов с балластными водами с судов и принятие различных практических мер для регулирования режимов сброса балластной воды, а также принимать соответствующие национальные законы и нормативно-правовые акты. В России до сих пор не ратифицированы положения Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 г. Необходимо проведение работы по изучению населения судовых балластных вод в портах Балтийского моря. Необходимо создать научно-практическую основу для развития законопроектной деятельности регламентирующие морской и речной транспорт. Исследования балластных вод коммерческих судов и разработка рекомендаций по контролю судовых балластных вод, разработка методик контроля балластных вод и управления судовыми балластными водами. Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года (Конвенция BWM 2004) должна вступить в силу 8 сентября 2017 года, но скорее всего принятие ее будет отложено снова, из-за проблемы технического оснащения морских судов установками для очистки балластных вод, но предложенные выше рекомендации крайне актуальны в настоящее время в процессе реализации данной Конвенции.

Создание системы быстрого реагирования для мониторинга биологических инвазий, которая содержала бы обобщенные первичные данные по точкам находок биологических инвазий в виде баз данных, которые представлены единообразно из различных литературных источников, отчетов, неопубликованных первичных данных. Она бы решила проблему фиксации

перемещений чужеродных видов, которая при определенных коридорах инвазии дает возможность прогнозирования их дальнейшего расселения.

В ходе мониторинга и исследований необходимо выявить конкретные механизмы, которые обеспечивают совместное существование видов разного происхождения, их совместную дальнейшую эволюцию в новых условиях окружающей среды, которые определяют их воздействия на процессы в экосистемах. Для этого необходимо проведение различных междисциплинарных исследований, например эколого-генетических и синэкологических. Решение вопросов изменений видов в процессе биологической инвазии, определение их дальнейшей судьбы в системе-реципиенте являются важными составляющими научных оснований для прогнозирования биологических инвазий и их последствий.

## Заключение

Результатом моей оценки влияния инвазивных видов на экосистемы аборигенных видов в акватории Финского залива явились сделанные мною выводы:

1. Основной проблемой биологического загрязнения является сокращение видового разнообразия нативных сообществ и изменение структуры трофических сетей, приводящее к последствиям экологического и экономического характера.
2. Общее количество зарегистрированных чужеродных организмов в акватории восточной части Финского залива составило 42, большая часть которых представлена беспозвоночными ракообразными. 22 вида можно считать натурализовавшимися, статус 5 неясен, 15 не удалось создать самовоспроизводящиеся популяции. Доля успешных интродукций довольно высока 58%, что говорит о высокой степени уязвимости экосистем ВЧФЗ к инвазиям чужеродных видов. Многие вселенцы стали доминантами и субдоминантами в сообществах и часто определяют условия существования других видов – моллюски *Dreissena polymorpha*, полихета *Marenzelleria arctica* являюся экосистемными инженерами, они модифицируют среду обитания в районах своего доминирования; амфиподы *Pontogammarus robustoides*, *Gammarus tigrinus*, бычки вселенцы *Neogobius melanostomus* и *Proterorhynchus Semilunaris* все они хищники, в результате своей деятельности существенно контролируют численность донных беспозвоночных, рыб (икра) в морском мелководье и лагунах; планктонная клadoцера *Cercopagis pengoi* – влияет на численность зоопланктона в лагунах. Отмечено продолжающееся расширение ареала трех вселенцев на подходящие по абиотическим и биотическим условиям акватории района – североамериканского бокоплава *G. tigrinus*, понто-каспийского бычка-цуцика и многощетинкового червя *Marenzelleria arctica*. Виды *Gammarus tigrinus*,

*Proterorhynchus Semilunaris*, *Marenzelleria arctica*, *Nejgobius melanostomus*, *Palatmon elegans* демонстрируют фазу экспансии.

3. Инвазионные виды успешно адаптируются в новых местообитаниях, быстро увеличивая численность, оказывая влияние на другие звенья трофической сети, но не все виды воздействуют негативно. Положительным примером является появление в Финском заливе полихет рода *Marenzelleria*, которые перекапывают грунт значительно глубже (до 40 см), чем аборигенные виды, привело к резкому увеличению соотношения азот/фосфор в водах залива, что повлекло за собой каскадные изменения в планктоне: уменьшилось количество колониальных азотфиксирующих синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды и снизилась общая биомасса фитопланктон.
4. Контроль инвазивных видов и изучение их роли в новых экосистемах должны быть признаны одними из важнейших задач для мониторинга экосистемы Финского залива и Балтийского моря в целом, особенно в его прибрежных и эстуарных участках.
5. Основные регионы-доноры чужеродных видов – Понто-Каспийский бассейн и Атлантическое побережье Северной Америки. Эти два географических района являются основными источниками вселенцев и для всего Балтийского бассейна. Организмы из других регионов (Юго-Восточная Азия, Индо-Пацифика, Южная Европа) составляют незначительную долю в чужеродной фауне. Большая часть интродукций связана с судоходством – 63 % для акватории Финского залива.
6. В акватории Финского залива значение видов-вселенцев резко возрастает. Имея в виду сложившийся состав неаборигенной биоты, ее доминирующую роль во многих частях названных акваторий, относительную бедность нативной биоты, которая, кроме того, находится под все возрастающим стрессовым воздействием – одновременно

антропогенным и климатическим, а также учитывая наличие разветвленной сети каналов, соединяющих бассейны Каспийского и Черного морей с Балтийским и Северным, высокую активность судоходства и расширение портового строительства, при сохранении климатических тенденций следует ожидать общего роста числа интродукций гидробионтов, а также возрастания воздействия тепловодных, и в частности, понто-каспийских, видов на экосистемы рассматриваемых акваторий.

7. Для предотвращения попадания нежелательных чужеродных организмов в водные экосистемы морей России необходимо проводить регулярную оценку экологического риска биоинвазий, проводить постоянный мониторинг за чужеродными видами в акватории Финского залива и разрабатывать методы борьбы с биологическим загрязнением акватории Финского залива.

## Список использованных источников

1. А.Ф. Алимов Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах// М.-СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. С. 436.
2. Алимов А. Ф., Богуцкая Н. Г., Орлова М. И., Резник С. Я., Кравченко О.Е., Паевский Д. А., Гельтман Д.В. 2004. Антропогенное распространение видов животных и растений: процесс и результат // в кн: Алимов А. Ф., Богуцкая Н. Г. (ред.) Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах// М.-СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. С. 300.
3. Алимов А. Ф., Орлова М. И., Панов. В. Е. Последствия интродукций чужеродных видов для водных экосистем и необходимость мероприятий по их предотвращению. В кн. : Виды-вселенцы в европейских морях России. Сборник научных трудов. Апатиты. Изд-во Кольского научного центра РАН, 2000 С. 12-23.
4. Алимов А.Ф., Голубков С.М. Роль естественных и антропогенных факторов в современной динамике экосистем эстуария р.Невы и стратегия управления его биологическими ресурсами. Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. СПб-М.: Товарищество научных изданий КМК.,2008.С.427-438.
5. Алимов А.Ф., Голубков С.М. Изменения в экосистемах восточной части Финского залива // Вестник Российской Академии Наук. Т.78,№3. 2008. С.223-234.
6. Алимов А.Ф., Орлова М.И.,Флоринская Т.М., Сорокин Н.Д. Создание системы мониторинга чужеродных видов. Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. СПб-М.: Товарищество научных изданий КМК.,2008.С.384-394.

7. Анцулевич А.Е., Яковлев А.С. Ротан–головешка *Percottus glenii* Dybowski, 1877 в Невской губе и восточной части Финского залива // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго межд. симпоз. по изучению инвазийных видов. Борок. ИБВВ, 2005. С. 135. 34
8. Балущкина Е. В., Финогенова Н. П. Структурные характеристики зообентоса как основа оценки состояния экосистем Невской губы и восточной части Финского залива // Структурно-функциональная организация пресноводных экосистем разного типа. СПб. Труды ЗИН РАН. 1999. Т. 279. С. 269-292.
9. Березина Н. А., Петряшев В. В. 2012. Инвазии высших ракообразных (Crustacea: Malacostraca) в водах Финского залива (Балтийское море) // Российский Журнал Биологических Инвазий. № 1. С. 2-18. 21
10. Березина Н.А., Петряшев В.В. 2012. Инвазии высших ракообразных (Crustacea: Malacostraca) в водах Финского залива (Балтийское море) // Российский Журнал Биологических Инвазий. №1. С. 2-18.
11. Волощук Е.В. Оценка влияния абиотических и биотических факторов на состояние придонных вод и донных отложений Финского залива в условиях изменения климата // автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук: СПб., 2016. 46 с.
12. Волощук Е.В., Ерёмина Т.Р., Рябченко В.А. Роль ирригационной активности полихет *Marenzelleriaspp.* в биогеохимических изменениях донных отложений Финского залива // Сборник трудов IV научно-технической конференции молодых ученых и специалистов МАГ-2015 «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». Санкт-Петербург. – 2015. – С. 221-224. 26
13. Волощук Е.В., Ерёмина Т.Р., Максимов А.А. Исследование закономерностей распределения полихет *Marenzelleria Spp.* в Восточной

- части Финского залива // Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования. Материалы молодежной научной конференции, Севастополь, 2016. С.370.
14. Дгебуадзе Ю.Ю. Экология инвазий и популяционные контакты животных: общие подходы // Инвазионные виды в Европейских морях России. Апатиты, 2000. С. 35–50.
15. Дгебуадзе Ю.Ю., Панов В.Е., Шестаков В.С., Дианов М.Б. Принципы создания национальной системы раннего предупреждения по чужеродным видам
16. Димитриев А.В. О классификации учений о биоценозах и инвазиях чужеродных видов // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго Междунар. симп. по изучению инвазийных видов. Борок: ИБВВ РАН, 2005. С.100
17. Дятлов С.Е., Кошелев А.В., Петросян А.Г. Оценка риска инвазий чужеродных видов при гидродинамическом обеззараживании судовых балластных вод // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго Междунар. симп. по изучению инвазийных видов. Борок: ИБВВ РАН, 2005. С.78
18. Еремина Т.Р., Бугров Л.Ю., Максимов А.А., Рябченко В.А., Шилин М.Б. Воздействия изменения климата на морские природные системы // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / М.: Фед. Служба по Гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2014. С. 615 – 643.
19. Еремина Т.Р., Карлин Л.Н. Современные черты гидрохимических условий в восточной части Финского залива / Еремина Т.Р., Карлин Л.Н. // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и

- экологические проблемы /Под ред. А.Ф. Алимова, С.М. Голубкова.–СПб.-  
М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 24-38.
- 20.Еремина Т.Р., Максимов А.А., Волощук Е.В. Влияние изменчивости климата на кислородный режим глубинных вод восточной части Финского залива // Океанология. 2012. Т. 52, № 6. С. 1–9.
- 21.Интегрированное управление водными ресурсами Санкт-Петербурга и Ленинградской области / Под ред. А.Ф. Алимова, СПб.: Vorey Print, 2001. С. 415.
- 22.Характеристика Финского залива.  
Интернет: <https://geographyofrussia.com/finskij-zaliv/>
- 23.Карпевич А. Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. - М., 1975. 432 с.
- 24.Киселева М.И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного моря и Азовского морей // Апатиты: КНЦ РАН, 2004. 409 с.
- 25.Кондратьев С.А. Основные положения концепции снижения негативного антропогенного воздействия на Финский залив и научная обоснованность плана действий Хелком по Балтийскому морю в отношении России // Региональная экология. 2010. № 4 (30). С. 44-50
- 26.Кравченко О.Е. Расселение некоторых инвазионных видов в пределах бывшего СССР и проблема терминологии // Экология, эволюция и систематика животных: Материалы Международной научно-практической конференции. Рязань: НП «Голос губернии». 2012. 284 с.
- 27.Кудерский Л.А. Изменения рыбного населения водоемов европейской части России в XX столетии //Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго Междунар. симп. по изучению инвазийных видов. Борок: ИБВВ РАН, 2005. С.50

28. Кузьмин С.А. Современное состояние популяций ценных промысловых видов крабов – вселенцев Баренцева моря // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго Междунар. симп. по изучению инвазийных видов. Борок: ИБВВ РАН, 2005. С.50
29. Максимов А.А. Биологическая инвазия в зоне критической солености: интродукция полихет *Marenzelleria arctica* в восточную часть Финского залива Балтийского моря // Труды Зоологического института РАН. 2013. Приложение № 3. С. 161-167.
30. Максимов А.А. Изменения в донных сообществах восточной части Финского залива после вселения полихеты *Marenzelleria neglecta* // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2009. № 2. С. 14–22.
31. Максимов А.А. Крупномасштабная инвазия *Marenzelleria* spp. (Polychaeta; Spionidae) в восточной части Финского залива Балтийского моря // Российский журнал биологических инвазий. 2010. № 4. С. 19–31.
32. Максимов А.А. Причины возникновения придонной гипоксии в восточной части Финского залива Балтийского моря // Океанология. 2006. Т. 46. № 2. С. 204-210.
33. Максимов А.А. Режимная перестройка экосистемы восточной части Финского залива вследствие инвазии полихет *Marenzelleria arctica*// Океанология. 2014. Т.54. №1. С.52-59 30, 28
34. Матишов Г. Г., Денисов В. В. Экосистемы и биоресурсы европейских морей России на рубеже XX и XXI веков. Мурманск, 1999. С. 124.
35. Г.Г.Винберг, Г.М.Лаврентьева Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. // ГосНИОРХ, ЗИН АН СССР (2-е изд.), 1984. С. 33.

36. Николаев И. И. Некоторые аспекты экологии стихийного расселения гидробионтов // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ, Вып. 232. Л., 1985. С. 81-89.
37. Николаев И. И. Последствия непредвиденного антропогенного расселения водной фауны и флоры // Экологическое прогнозирование. М., 1979. С. 76-93.
38. Орлова М. И., Панов В. Е., Крылов П. И., Телеш И. В., Хлебович В. В. Изменения в планктонных и донных сообществах восточной части Финского залива Балтийского моря в связи с биологическими инвазиями. // Труды Зоологического института РАН, Т. 279. Л., 1999. С. 305-325.
39. Орлова М.И., Алимов А.Ф. Проблема биологических инвазий // Экология и образование 2007. № 1-2. С.13-18.
40. Орлова М.И., Рябчук Д.В., Спиридонов М.А. Геолого-геоморфологическая характеристика восточной части Финского залива и типология донных биотопов // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы /Под ред. А.Ф. Алимова, С.М. Голубкова.–СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008.–С. 59-75.
41. Орлова М.И., Флоринская Т.М. (2009) Биологическое загрязнение водных экосистем Финского залива в 2008 году. в кн.: Голубев Д.А., Сорокин Н.Д. (ред.) Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности в Санкт-Петербурге в 2008 г. Информационно-аналитический сборник. Изд. Правительства Санкт-Петербурга, 2009.
42. Панов В. Е. Байкальская эндемичная амфипода *Gmelinoides fasciatus* Stebb. в Ладожском озере. // Доклады Академии наук. 1994. Т. С. 279-282.

43. Панов В. Е., Дианов М. Б., Лобанов А. Л. (ред.) Группа по изучению водных чужеродных организмов. 1999. Интернет: <http://www.zin.ru/projects/invasions/>
44. Панов В.Е. Биологическое загрязнение как глобальная экологическая проблема: международное законодательство и сотрудничество // Сборник материалов Круглого стола в рамках Всероссийской конференции по экологической безопасности (4-5 июня 2002 г.) М.: МСОП — Всемирный союз охраны природы, Представительство для России и СНГ, 2002, С. 22-40.
45. Плюснина О.В. Питание ротана *Perccottus glenii* (Dybowski, 1877) в северной части современного ареала (Архангельская и Вологодская области) // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго Междунар. симп. по изучению инвазийных видов. Борок: ИБВВ РАН, 2005. С. 163–164.
46. Попов И. Ю. Европейский анчоус (*Engraulis encrasicolus*, *Engraulidae*) в Финском заливе Балтийского моря // ВОПРОСЫ РЫБОЛОВСТВА, 2013. — Vol. 14, — № 2(54). — P. 204-207
47. Попов И. Ю. Новые виды рыб в российской части Финского залива и в пресных водоёмах Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Российский Журнал Биологических Инвазий, 2014. — Т. 7, — № 1(21). — С. 52-64
48. Проблема антропогенного вселения чужеродных организмов в водоемы бассейна Финского залива // Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 1997 году. Справочно-аналитический обзор - Спб., 1998. С. 243-249.

49. Пряничкова Е.Г. Макрозообентос совместных поселений двух видов дрейссенид (Mollusca, Dreissenidae) в Рыбинском водохранилище // Поволжский экологический журнал. 2015. № 1. С. 72 – 79 24
50. Решетников А.Н. Современный ареал рыбы ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 в Евразии // Рос. журн. биол. инвазий. 2009. Т. 1. № 1. С. 17–27.
51. Родионова Н.В. Крылов П.И., Панов В.Е. Проникновение хищной понто-каспийской кладоцеры *Cornigerius maeoticus maeoticus* в Балтийское море // Океанология Т. 45, №1, 2005. С. 73-75.
52. Рылов В. М. Cyclozoidea пресных вод. Ракообразные. М.: Изд-во АН СССР, 1948, т.3, вып. 3. С. 320.
53. Рылов В. М. Свободноживущие веслоногие ракообразные (Eucorperoda). В Пресноводная фауна Европ. России. М.: Изд-во Природы и Научрыббюро Главрыбы. С. 1-126
54. Салахутдинов А.Н., Шакирова Ф.М. Возможные последствия от вселения чужеродных видов в Куйбышевское водохранилище // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2). Тез. докл. Второго Междунар. симп. по изучению инвазийных видов. Борок: ИБВВ РАН, 2005. С.50
55. Семенов Д.Ю. Роль чужеродных видов в питании хищных рыб Куйбышевского водохранилища// Поволжский экологический журнал. 2009. № 2. С. 148 – 157 23
56. Семин В.Л. Чужеродные виды полихет в донных сообществах Азовского моря в начале XXI века // Научный журнал КубГАУ, №117(03), 2016. С. 12.
57. Семин В.Л., Сикорский А.В., Коваленко Е.П., Булышева Н.И. Вселение представителей рода *Marenzelleria* Mesnil, 1896 (Polychaeta: Spionidae) в

- дельту Дона и Таганрогский залив // Российский журнал биологических инвазий. 2016. Т. 9. № 1. С. 109–120. (ВАК, РИНЦ) 29
58. Скакальский Б.Г., Шпаер И.С. Режим и баланс биогенных веществ водной системы р. Нева Невская губа - Восточная часть - Финского залива // Труды ГГИ. 1988. вып. 321. С.79-91.
59. Слынько Ю.В., Дгебуадзе Ю.Ю., Новицкий Р.А., Христов О.А. Инвазии чужеродных рыб в бассейнах крупнейших рек понто-каспийского бассейна: состав, векторы, инвазионные пути и темпы // Российский Журнал Биологических Инвазий № 4, 2010. С. 74-81
60. Соколов С.Г., Протасова Е.Н., Решетников А.Н., Шедько М.Б. Паразиты ротана *Perccottus glenii* (Actinopterygii: Odontobutidae), интродуцированного в водоёмы европейской части России // Успехи современной биологии. 2012. Т. 132. № 5. С. 477–492.
61. Солощук П.В. Изменение климата и ледовых условий водной системы Финский залив – Невская губа – река Нева в осенне-зимний период за последние 15 лет // Ученые записки РГГМУ. 2010. № 14. – С. 34-41.
62. Сулопарова О. Н. Баранова Л. П. Оценка роли *Sergoragis rengei* в питании промысловых рыб восточной части Финского залива // Чужеродные виды в голарктике (Борок-2). Рыбинск-Борок, 2005 С. 106-119
63. Т.В. Маврина Финский залив – уникальная модель для отработки превентивных природоохранных мероприятий. Обсуждение научного сообщения // Вестник Российской академии наук. том 78 № 3, 2008. С. 240
64. Финенко Г.А., Аболмасова Г.И., Дацык Н.А., Романова З.А., Аннинский Б.Е. Влияние состава пищи и температуры на скорость питания требневика-вселенца *Mnemiopsis leidyi* // Российский Журнал Биологических Инвазий № 4 . 2013. С. 79

65. Финогенова Н. П. Мониторинг биоразнообразия донных и планктонных сообществ эстуария реки Невы // Мониторинг биоразнообразия. - М., 1997. С. 288-294.
66. Фрумин, Г.Т. Динамика поступления биогенных элементов в Невскую губу с током реки Невы и ее рукавов / Г.Т. Фрумин // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы /Под ред. А.Ф. Алимова, С.М. Голубкова.–СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 20-23.
67. Щербина Г. Х. Изменение видового состава и структурно-функциональных характеристик макрозообентоса водных экосистем Северо-Запада России под влиянием природных и антропогенных факторов : дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2009. 156 с.
68. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Вып. 5, часть 2. Гидрометеорологические, гидрохимические, гидробиологические, геологические условия и динамика вод Финского залива / Под ред. И.Н. Давидана, О.П. Савчука СПб: Гидрометеоиздат, 1997. С. 380.
69. Элтон Ч. Экология нашествий животных и растений. М.: Изд-во иностр. Лит., 1960. С. 15
70. Алимов А.Ф., Орлова М.И. Информационный итоговый отчет по теме: Оказание услуг по обеспечению проведения мониторинга объектов животного мира в Финском заливе в целях получения оперативной достоверной информации и прогноза распространений и численности новых видов на территории, где они раньше отсутствовали // СПб РАН, 2014.
71. Ann-Britt Florin, Kerstin Mo, Filip Svensson, Ellen Schagerström, Lena Kautsky and Lena Bergström First records of Conrad's false mussel,

- Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) in the southern Bothnian Sea, Sweden, near a nuclear power plant // *BioInvasions Records* (2013) Volume 2, Issue 4: 303–309
72. Ari O. Laine, Jukka Mattila and Annukka Lehtikoinen First record of the brackish water dreissenid bivalve *Mytilopsis leucophaeata* in the northern Baltic Sea // *Aquatic Invasions* (2006) Volume 1, Issue 1: 38-41
73. Baltic Sea Alien Species Database, 2007. Olenin S, Daunys D, Leppäkoski E, Zaiko A (editors). Retrieved: November 15, 2007, from <http://www.corpi.ku.lt/nemo/>
74. Berezina N.A. Expansion of the North American amphipod *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939 to the Neva Estuary (easternmost Baltic Sea) / *Oceanologia*. 2007. V. 49, N 1. P. 129–135.
75. BMB WG Inventory of the Baltic Sea Alien Species. S. Olenin & E Leppäkoski (eds.). Baltic Marine Biologists Working Group 30 on Non-Indigenous Estuarine and Marine species. Web site: <http://www.ku.lt/nemo/species.html>
76. Carlton J. T. Invasion in the world seas: six centuries of re-organizing earth's marine life // *Proc. of the Norway/UN Conference on Alien species*, Trondheim, 1996. 1996b. P. 99-102.
77. Cercopagis. Internet: <http://www.web2.unwindsor.ca>
78. Convention on Biological Diversity. 1992. Internet: <http://www.biodiv.org>
79. Efford I. E., Garcia C. M., and Williams J. D. Facing the challenges of invasive alien species in North America. // *Global biodiversity*. P. 25-30.
80. Executive Order on Invasive Species, 1999. Internet: <http://www.whitehouse.gov/GEF/Project/RemovalofBarriers> to the Effective Implementation of Ballast Water Control and Management Measures in Developing Countries. 1999. Internet: <http://www.gefweb.org>
81. Gil Rilov, Jeffrey A. Crooks Biological Invasions in Marine Ecosystems // *Ecological Studies*, Vol.204. 2009. pp. 30-41.
82. Global Invasive Species Database, Internet: <http://www.issg.org/database>

83. Gollasch, S. Exotics Across the Ocean. EU Concerted Action: Testing Monitoring Systems for Risk Assessment of Harmful Introductions by Ships to European Waters. 1999. Internet: <http://members. /sgollasch/sgollasch/index.html>
84. *H. G. Baker, G. L. Stebbins The Genetics of Colonizing Species: Proceedings of the First International Union of Biological Sciences Symposia on General Biology Hardcover – December, 1965.*
85. HELCOM, 2009 Biodiversity in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment on biodiversity and nature conservation in the Baltic Sea. Balt. Sea Environ. Proc. No. 116B.
86. HELCOM, 2014. Eutrophication status of the Baltic Sea 2007-2011 - A concise thematic assessment. Baltic Sea Environment Proceedings No. 143. P. 41
87. Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) UNESCO. Internet: <http://www.unesco.ru/ru/>
88. International Maritime Organization, IMO. Internet: <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>
89. Invasive species in the marine environment - problem regions. Internet: <http://www.grida.no/resources/7206>
90. Jansson K. Alien species in the marine environment. Introduction to the Baltic Sea and the Swedish west coast // Swedish environmental Protection agency, Rept. 4357, 1994. P. 1-68.
91. Johnson L. E., Padilla D. K. Geographic spread of exotic species: Ecological lessons and Opportunities from the invasion of the Zebra mussel *Dreissena polymorpha* // Biological Conservation 1996. Vol. 78. P. 23-33. 22
92. Mooney H. A. The Global Invasive Species Program (GISP) // Biological Invasions. - VP. 97-98.
93. Norkko J. A welcome can forms & Hypoxia mitigation by an invasive species // Global Change Biology. 2012. Vol. 18. I. 2. pp. 422-434. 27

- 94.Orlova M. I., Starobogatov Ya. J., Biochino G. I. Dreissena bugensis Andr. range expansion in the Volga River and in the Northern Caspian Sea : further invasion perspectives for the Baltic Sea region // ASLO' 2000 Meeting. Book of Abstracts. Copenhagen, 2000. P. 21 – 29.
- 95.Orlova M.I., Panov V.E. Telesh I.V., Krylov P.I., Khlebovich V.V. 1999 Changes in plankton and benthos of the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) under biological invasions. Proc. of the Zoological institute RAS, Vol. 273 (in Russian).
- 96.Strile D. // Aquatic food webs. An ecosystem approach. Oxford: Oxford University Press, 2005. P. 41.
- 97.Telesh I.V.,Golubkov S.M., Alimov A,F.The Neva Estuary Ecosystem. Ecology of Baltic Coastal Waters. Ecological Studies 197. Springer – Verlag Berlin Heidelberg 2008. P.259-284.
- 98.United Nations Conference on Sustainable Development or Rio+20, UNCSD 2012. Internet: [www.uncsd2012.org](http://www.uncsd2012.org)

№	Вид	Происхождение	Статус
<b>Цианобактерии</b>			
1	<i>Aphanizomenon elenkinii</i>	п-к	?
2	<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	п-к	?
<b>Сосудистые растения</b>			
3	<i>Elodea canadensis</i>	с-а	нат
4	<i>Acorus calamus</i>	ю-в аз	нат
<b>Беспозвоночные животные</b>			
5	<i>Cordylophora caspia</i>	п-к	нат
6	<i>Gonothyraea loveni</i>	атл	ед
7	<i>Prostoma puteale</i>	з-евр	нат
8	<i>Marenzelleria neglecta</i>	с-а	нат(?)
9	<i>Marenzelleria arctica</i>	с-л	нат
10	<i>Patamothrix moldavensis</i>	п-к	нат
11	<i>P. veidoskyi</i>	п-к	нат
12	<i>P. heysleri</i>	п-к	нат
13	<i>Paranais friei</i>	п-к	нат
14	<i>Tubificoides pseudogaster</i>	з-евр, США	ед
15	<i>Cercopagis pengoi</i>	п-к	нат
16	<i>Evadne anonyx</i>	п-к	нат
17	<i>Acartia tonsa</i>	с-а	нат
18	<i>Gmelinoides fasciatus</i>	Байкал	нат
19	<i>Pontogammarus robustoides</i>	п-к	нат
20	<i>Gammarus tigrinus</i>	с-а	нат
21	<i>Erocheir sisenensis</i>	ю-в аз	кат
22	<i>Amphibalanus improvisus</i>	с-а	дрифт
23	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	нз	нат
24	<i>Dreissena polymorpha</i>	п-к	нат
25	<i>Balanus improvisus</i>	с-а	нат
26	<i>Palatmon elegans</i>	п-к	нат
27	<i>Cornigerius maeoticus maeoticus</i>	п-к	
28	<i>Acartia tonsa</i>	?	нат
29	<i>Potamothrix vejsovskyi</i>	п-к	
30	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	п-к	
31	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	с-а	нат(?)
32	<i>Hemimysis anomala</i>	п-к	
<b>Позвоночные животные</b>			
33	<i>Perccottus glenii</i>	д-в	нат
34	<i>Proterorhinus Semilunaris</i>	п-к	
35	<i>Nejgobius melanostomus</i>	п-к	

36	<i>Carassius gibelio</i>	Д-В	
37	<i>Engraulis encrasicolus</i>	?	ед
38	<i>Romanogobio alpinus</i>	П-К	?

Примечания;

Нат – вид натурализовался

Ед – вид встречен единично

Кат – катадромный вид

П-к – понто-каспийский регион

С-а – северо-атлантический регион

Д-в Дальневосточный регион

Ю-в аз – регион юго-восточной Азии

Байкал – байкальский регион

С-л - регион Северного Ледовитого океана

З-евр, США – регион берегов Великобритании и США