



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

Кафедра прикладной океанографии и комплексного управления  
прибрежными зонами

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему «Картирование экологической чувствительности прибрежной  
зоны Восточной (Российской) части Финского залива  
по отношению к аварийным разливам нефти»

Исполнитель Горюнов Сергей Юрьевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель PhD  
(ученая степень, ученое звание)

Семеошенкова Вера Сергеевна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
и. о. заведующий кафедрой

  
(подпись)

кандидат географических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

«10» 06 2025

Санкт-Петербург  
2025

## Оглавление

Введение.....	4
1. Последствия нефтяных разливов в Балтийском регионе.....	7
1.1. Экологические, политические и экономические последствия разливов нефти .....	7
1.2. Разливы нефти в Балтийском море и Финском заливе .....	14
2. Физико-географическое описание восточной (российской) части Финского залива.....	20
2.1. Географическое положение .....	20
2.2. Экологические и климатические условия .....	21
2.3. Литолого-геоморфологическая характеристика побережья.....	25
2.4. Биоразнообразии .....	27
2.5. Система природопользования в прибрежно-морской зоне .....	28
3. Обзор методик картирования экологической чувствительности для планирования и осуществления защитных мер при аварийных разливах нефти .....	30
3.1. Методика картирования экологической чувствительности Журавель и Чурсиной.....	30
3.2. Методика Всемирного фонда дикой природы (WWF Oil Net) .....	34
4. Картирование экологической чувствительности к разливам нефти прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива.....	37
4.1. Оценивание показателей в категории «Природопользование» .....	42
4.2. Оценивание показателей в категории «Биологическая чувствительность».....	46
4.3. Оценивание показателей в категории «Подверженность нефтяным загрязнениям».....	59

4.4. Расчёт индекса экологической чувствительности к разливам нефти....	60
4.5. Рекомендации по уменьшению ущерба от нефтяных разливов .....	64
Заключение .....	66
Список литературы .....	68

## **Введение**

Аварийные разливы нефти в морской среде могут происходить на любой стадии добычи, хранения или транспортировки нефти. Среди возможных причин таких аварий могут быть выбросы из подводных трубопроводов, утечки из наземных хранилищ для хранения нефтяных продуктов и прибрежных трубопроводов, а также аварии судов, транспортирующих нефть. Природная ценность, хрупкая экосистема и социально-экономическая значимость прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива увеличивают ответственность за аварии или ошибки, которые могут привести к необратимым для данного объекта последствиям.

Прибрежная зона восточной (российской) части Финского залива представляет собой важную часть акватории и отличается высокой экологической, экономической и социальной важностью. Этот регион включает в себя не только уникальные природные комплексы с разнообразием биотопов и видов, но и густонаселенные урбанизированные территории, включая город Санкт-Петербург – второй по численности город Российской Федерации и крупный промышленный, транспортный и культурный центр. Сочетание уязвимых морских и прибрежных экосистем с интенсивной хозяйственной деятельностью обуславливает высокую степень риска возникновения аварийных разливов нефти. Обеспечение экологической безопасности и устойчивого функционирования прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива является приоритетной задачей для природоохранной политики.

В данной дипломной работе рассматривается проблема аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в прибрежной зоне восточной (российской) части Финского залива, определяется воздействие нефтяных разливов на экологическую и социально-экономическую систему, рассчитывается индекс экологической чувствительности к аварийным разливам нефти и вырабатываются рекомендации для минимизации ущерба от возможных

экологических катастроф, связанных с разливами нефти. Актуальность и значимость данной работы заключается в том, что Финский залив является одной из наиболее загруженных акваторий Балтийского моря с интенсивным судоходством и развитой портовой инфраструктурой, что значительно повышает вероятность экологических катастроф, связанных с разливом нефти. В связи с этим особую важность приобретает проведение картирования экологической чувствительности прибрежной зоны данного региона к аварийным разливам нефти, позволяющее повысить эффективность природоохранного планирования и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации. Предметом исследования является картирование экологической чувствительности прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива по отношению к аварийным разливам нефти. Объектом исследования является прибрежная зона восточной (российской) части Финского залива.

Целью данной работы является оценка экологической чувствительности прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива к аварийным разливам нефти и разработка рекомендаций по предотвращению и минимизации возможного ущерба.

Задачи работы:

1. Анализ экологических угроз и политико-экономических последствий аварийных разливов нефти в Балтийском море и Финском заливе в частности.
2. Физико-географическая характеристика прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива.
3. Обзор методик картирования экологической чувствительности к разливам нефти.
4. Расчёт индекса экологической чувствительности для прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива.
5. Картирование экологической чувствительности побережья восточной (российской) части Финского залива.

6. Определение уровня уязвимости исследуемого объекта к аварийным разливам нефти и разработка рекомендаций по предотвращению и минимизации ущерба на основе результатов проведенной оценки.

## **1. Последствия нефтяных разливов в Балтийском регионе**

### **1.1. Экологические, политические и экономические последствия разливов нефти**

#### **Экологические последствия разливов нефти**

Нефтяные разливы могут оказать значительное воздействие на экосистему, приводя к гибели живых организмов из-за недостатка кислорода и отравления токсичными веществами. Масштаб воздействия зависит от объёма разлитой нефти, её типа, условий окружающей среды, чувствительности живых организмов к воздействию нефти и их местообитания.

Нефть оказывает на окружающую среду комплексное воздействие, которое можно разделить на несколько аспектов.

Во-первых, это физическое удушье, которое негативно сказывается на физиологических функциях живых организмов.

Во-вторых, это химическая токсичность, которая может привести к гибели организмов или вызвать нарушения функций клеток.

В-третьих, это экологические изменения, которые проявляются в гибели ключевых организмов в популяции и захвате освободившихся экологических ниш оппортунистическими видами.

Наконец, существуют и косвенные последствия воздействия нефти на окружающую среду, которые могут проявляться в различных формах.

Характер и продолжительность последствий нефтяных разливов обусловлены множеством факторов, среди которых можно выделить следующие: объём и тип разлитой нефти; условия окружающей среды и физико-географические характеристики места разлива; временной аспект; погодные

условия; биологический состав загрязнённой среды; экологическая значимость видов, входящих в состав среды, и их чувствительность к нефтяному загрязнению [1].

Последствия разлива нефти определяются скоростью растворения и рассеивания загрязняющего вещества в водной среде под воздействием естественных процессов. Эти параметры играют ключевую роль в определении масштабов распространения загрязнения и вероятности продолжительного воздействия повышенных концентраций нефти или её токсичных компонентов на уязвимые компоненты окружающей среды.

Нефть и нефтепродукты оказывают пагубное воздействие на экологическое состояние почвенных покровов, приводя к нарушению структуры биоценозов. В результате интоксикации лёгкими фракциями нефти почвенные бактерии, а также беспозвоночные микроорганизмы и животные, обитающие в почве, теряют способность качественно выполнять свои важнейшие функции.

Попадая в водную среду, нефть в течение относительно короткого времени — нескольких часов или суток — претерпевает трансформацию и преобразуется в различные агрегатные состояния, одним из которых является плёнка, или слик. Эта плёнка тонким слоем покрывает поверхность воды, нарушая газообмен, энергообмен, теплообмен и влагообмен между атмосферой и гидросферой [2, 3].

Это не только негативно сказывается на физических, химических и гидробиологических условиях водной среды и жизнедеятельности её обитателей, но и может оказать серьёзное влияние на климат и кислородный баланс в атмосфере Земли. А это, в свою очередь, может привести к ухудшению экологической обстановки на планете в целом и условий жизни человека в частности [4].

Контаминация водной среды нефтью приводит к ряду негативных последствий, среди которых образование плёнки на поверхности воды, что затрудняет газообмен в поверхностных слоях и препятствует проникновению

света, а значит, и фотосинтезу. Кроме того, тяжёлые фракции нефти оседают на дно водоёмов.

Загрязнение углеводородами ухудшает физические и органолептические свойства воды, а также вызывает нарушения в видовой и трофической структурах водных экосистем. Нефть, попадая в водную среду, распределяется по её профилю и оказывает воздействие на все группы организмов, обитающих как в поверхностном слое, так и в толще воды и донных осадках. Особенно сильно негативное влияние разливов ощущается в прибрежной зоне и на берегу.

Большинство представителей фауны особенно чувствительны к воздействию нефти на ранних стадиях своего развития. Последствия загрязнений для отдельных видов зависят от численности и скорости воспроизводства их популяций. Наиболее уязвимыми к воздействию нефти являются птицы и млекопитающие.

В целом, вредное воздействие нефти на водных обитателей определяется не столько интоксикацией организмов, сколько их прямым физическим контактом с загрязнителем на поверхности водоёмов и на берегах, а также нарушением местообитаний и кормовой базы [4].

Очистка водных объектов от нефтяных загрязнений представляет собой крайне сложную и трудоёмкую задачу, требующую значительных усилий и ресурсов. Это обусловлено динамичностью водной среды и сложностью процессов трансформации углеводородов в ней.

Большинство применяемых на практике методов механической и физико-химической очистки воды от нефти и нефтепродуктов являются многостадийными, трудоёмкими и дорогостоящими. Они не обеспечивают полного удаления загрязнителя с поверхности воды, не говоря уже об углеводородах, растворённых или эмульгированных в ней.

В настоящее время большое внимание уделяется биологическим методам очистки водных объектов от нефти и нефтепродуктов. Эти методы обладают

рядом преимуществ, таких как эффективность, экономичность, экологическая безопасность и отсутствие вторичных загрязнений.

Ключевую роль в процессе очистки воды играют микроорганизмы, поскольку только они способны разлагать нефть и её производные до более простых и безопасных продуктов [4].

### **Политические и экономические последствия разливов нефти**

Разливы нефти представляют собой серьёзную угрозу для окружающей среды, однако их последствия для экономики могут быть не менее разрушительными. Эти катастрофы не только наносят непосредственный ущерб морским экосистемам, но и оказывают долгосрочное воздействие на местную и региональную экономику.

Экономических последствия нефтяных разливов могут быть самые разные, от уменьшения туристической активности и снижения объёмов рыболовства, до воздействия на функционирование портов. Давайте рассмотрим некоторые из них:

#### **1. Спад туристической активности**

В краткосрочной перспективе разлив нефти создаст препятствия для туристов, желающих насладиться привычными видами отдыха, такими как плавание, катание на лодках, дайвинг и рыбалка. Это приведёт к снижению туристической активности в регионе, что, в свою очередь, негативно отразится на различных отраслях экономики [5].

Прежде всего, отели, рестораны и бары, расположенные в непосредственной близости от места происшествия, столкнутся с уменьшением потока клиентов. Владельцы местных парковок и магазинов также пострадают от снижения спроса [5].

Кроме того, сокращение числа туристов нанесёт ущерб туристическим агентствам, гидам и транспортным компаниям.

Пляжи, вероятно, будут закрыты на несколько дней для проведения работ по очистке, что может вызвать перебои в работе из-за увеличения количества уборочной техники.

В целом, разлив нефти в краткосрочной перспективе окажет негативное воздействие на ряд предприятий, что может привести к долгосрочным последствиям, включая возможное сокращение персонала или даже закрытие компаний.

Зачастую этот процесс усугубляется непропорциональным вниманием средств массовой информации. Обычно пострадавший район возвращается к нормальному состоянию относительно быстро после разлива нефти, поскольку процесс очистки происходит оперативно. Однако репортажи в средствах массовой информации могут оттолкнуть потенциальных туристов, поскольку они способствуют ухудшению имиджа места назначения, создавая преувеличенные истории о нефти на пляжах и заброшенных отелях. Это усугубляет экономические потери, поскольку люди предпочитают выбирать другие направления для путешествий. Такой сценарий особенно губителен для регионов, которые сильно зависят от индустрии туризма [6].

## 2. Сокращение масштабов рыболовства

В силу специфики гидрологического режима, низкой скорости водообмена и стратификации водных масс, последствия нефтяных загрязнений в данном регионе проявляются длительно и значительно затрагивают промысловые ресурсы. Одним из основных негативных эффектов является сокращение масштабов рыболовства, выражающееся как в снижении объёмов вылова, так и в сокращении занятости в отрасли.

Согласно оценке, приведенной в докладе Хельсинской комиссии [7], нефтяные загрязнения особенно критичны для ранних стадий онтогенеза гидробионтов – в первую очередь, для икры и личинок промысловых рыб, таких как сельдь и треска. Даже кратковременное воздействие нефти может привести

к высокой смертности икры и нарушению развития личинок, что приводит к снижению численности особей, и, соответственно, к падению уловов в последующие годы. Так, после аварийного разлива нефти в районе Гданьского залива в 2001 году наблюдалось снижение вылова сельди более чем на 30% в течение двух лет после инцидента [7].

Экологические последствия разливов сопровождаются серьезными социально-экономическими издержками. В исследовании Шведского метеорологического и гидрологического института [8] проанализированы экономические потери, понесенные рыболовецкими хозяйствами после аварийного загрязнения у побережья Швеции в 2003 году. По результатам анализа, около 150 малых предприятий были вынуждены временно приостановить деятельность вследствие загрязнения нерестилищ и снижения рыночной стоимости улова. Общий ущерб для отрасли составил несколько миллионов евро [8].

Таким образом, аварийные разливы в Балтийском море оказывают комплексное воздействие на экосистему и экономику региона, обуславливая необходимость совершенствования мер по предотвращению и ликвидации загрязнений, а также жесткого регулирования деятельности, связанной с транспортировкой и переработкой нефти в акватории.

### 3. Влияние на действия портов

Порты представляют собой ключевые центры экономической активности, и разлив нефти в порту или вблизи него может иметь серьезные последствия. В период и после инцидента все суда, входящие или покидающие порт, должны находиться под строгим контролем, чтобы предотвратить дальнейшее распространение загрязнения. Кроме того, необходимо привлекать специализированные подрядные организации для эффективной очистки портовых сооружений [9].

Разливы нефти в портах происходят относительно часто, поскольку небольшие утечки часто происходят из-за большого количества судов, и они не всегда должным образом документируются в средствах массовой информации. Однако эти инциденты всё равно требуют реагирования и могут иметь разрушительные экономические последствия.

Управление инцидентами и реагирование на них требуют значительных затрат и усилий, что может негативно сказаться на деятельности порта. Кроме того, во время операций по очистке необходимо проявлять особую осторожность, чтобы предотвратить попадание нефти под причал, так как это может стать постоянным источником загрязнения.

Аналогично, средства защиты моря могут стать источником вторичного загрязнения, если нефть проникнет глубоко в сооружения.

Таким образом, для портов крайне важно эффективно управлять любыми разливами нефти и минимизировать их последствия, чтобы ограничить ущерб судам и судоходным операциям. В противном случае, в случае возникновения крупных аварий, экономический ущерб может быть значительным из-за дорогостоящих процессов очистки и задержек поставок [10].

Экономические последствия нефтяных разливов для туристической отрасли, рыболовства и портовой инфраструктуры имеют существенное и важное значение. Для минимизации этих последствий необходимы скоординированные действия, включающие в себя эффективные меры по ликвидации последствий разлива, проведение информационных кампаний для восстановления репутации пострадавших районов, а также поддержку предприятий и сообществ, столкнувшихся с экономическим спадом.

## 1.2. Разливы нефти в Балтийском море и Финском заливе

### История разливов нефти в Балтийском море и Финском заливе

Судоходство в Балтийском море является главным источником нефтяных загрязнений. Виновниками нефтяного загрязнения являются суда различных типов и назначений, включая пассажирские, рыболовные и военные, а не только танкеры, как принято считать [11].

Ниже представлена карта нефтяных пятен, обнаруженных в Балтийском море с 1989 по 2002 год по данным воздушных наблюдений (рисунок 1.1).

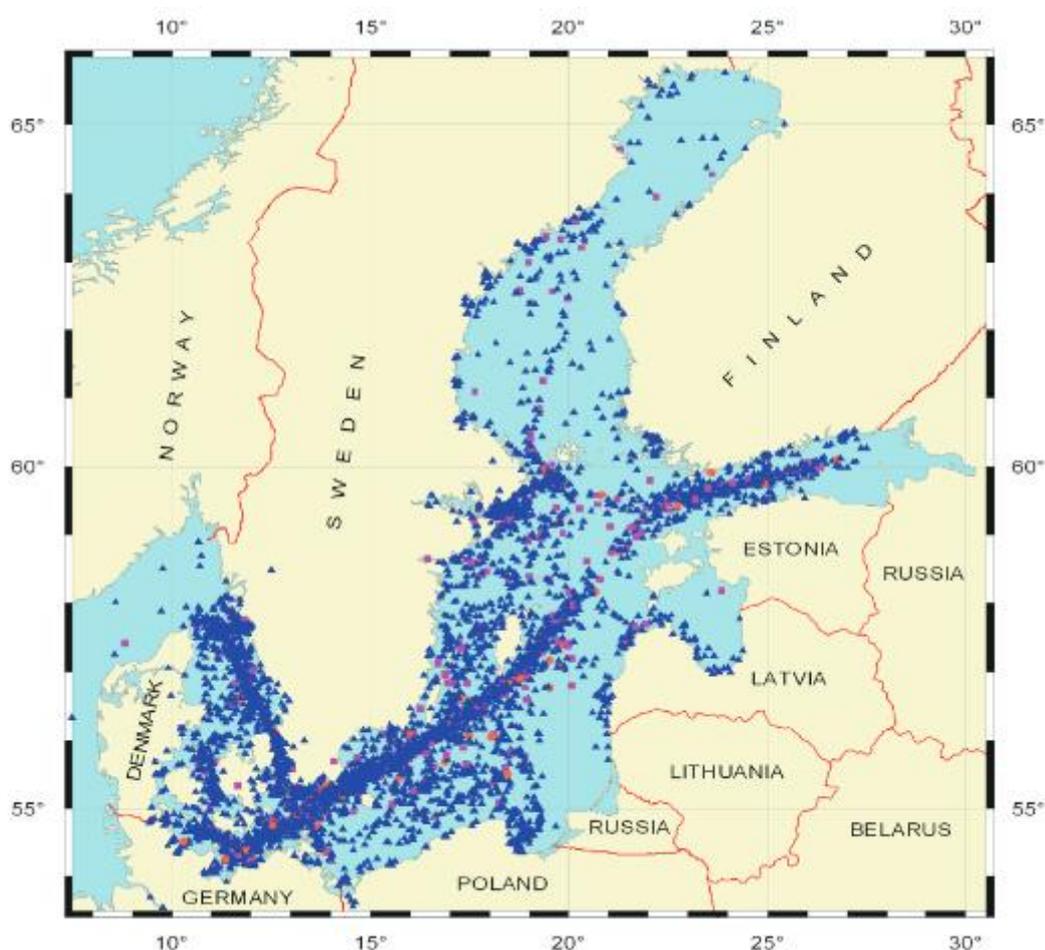


Рисунок 1.1. Карта нефтяных пятен, обнаруженных в Балтийском море с 1989 по 2002 год по данным воздушных наблюдений.

За всю историю наблюдений в Балтийском море было обнаружено больше тысячи различных разливов нефти по самым разным причинам. Рассмотрим самые крупные из них.

В декабре 1999 года в Балтийском море произошла авария, вызванная разрывом нефтепровода на танкере *Almanata*, который плавал под флагом Бахрейна. В результате этого инцидента в море вылилось от трёх до четырёх тонн нефти. Танкер, находясь в штормящем море, осуществлял загрузку нефти в свои резервуары для российского концерна «ЮКОС» на терминале. Волны оторвали один из «рукавов» нефтепровода, прикрепленного к судну, что привело к разливу нефти в море.

В июне 2001 года в устье Невы произошла авария, связанная с бункеровкой танкера СБ–228, принадлежащего ОАО «Эко Феникс Холдинг». Судно заправлялось в районе Балтийского завода, и в результате произошёл разлив нефти. В акваторию Невы попало около полутонны нефтепродуктов. Авария была оперативно ликвидирована, и в течение нескольких часов разлив был полностью устранён [11].

29 марта 2001 года случилось масштабное происшествие, вызванное столкновением двух судов — «Балтик Керьер» и «Терн» — в акватории Арконского бассейна, на выходе из Малого Бельта. Из повреждённого корпуса танкера «Терн» вылилось около 2500 кубических метров нефтепродуктов, что эквивалентно 1750 тоннам [11].

Аварии, произошедшие не у берегов Российской Федерации:

1977 год — в Цесисе, у берегов Швеции, произошло крушение судна, перевозившего 1000 тонн груза [12].

1979 год — в районе Вентспилса, у берегов Швеции, произошла авария, в результате которой было потеряно 5500 тонн груза. Ещё одна авария произошла в 1985 году у Порво, в Финляндии, и привела к потере 580 тонн груза [12].

1981 год — у берегов Даларё, в Швеции, произошло крушение судна, перевозившего 1000 тонн груза [12].

1982 год — у берегов Клайпеды произошло крушение судна Globe Asimi, в результате которого было потеряно 16 000 тонн груза [12].

1984 год — у берегов Швеции произошло крушение судна Sivona, в результате которого было потеряно 800 тонн груза [12].

1990 год — у берегов Карлсруна, в Швеции, произошло крушение судна Volgoneft, в результате которого было потеряно 1000 тонн груза [12].

В период с 1990 по 2019 годы, согласно данным, опубликованным HELCOM, в Балтийском море было зарегистрировано примерно 500 аварийных разливов нефти, что соответствует среднему показателю около 25–30 случаев в год. Общий суммарный объем пролитой нефти за этот период оценивается примерно в 1500 тонн. Несмотря на тенденцию к снижению числа крупных разливов, обусловленную усилением превентивных мер и совершенствованием систем реагирования, даже небольшие разливы могут приводить к длительным экологическим последствиям в условиях чувствительных экосистем Балтийского моря [13].

Эти данные свидетельствуют о необходимости постоянного мониторинга, внедрения современных технологий обнаружения разливов и оперативного реагирования на инциденты для снижения негативного воздействия на морскую среду региона [13].

### **Проблемы, связанные с ликвидацией последствий разливов нефти в восточной части Финского залива**

В зависимости от продолжительности, масштабов и степени загрязнения, нефтяные разливы могут нанести колоссальный вред окружающей среде, затрагивая как флору, так и фауну.

На начальных стадиях разлива, которые могут длиться от нескольких часов до нескольких дней, наблюдается стадия острого стресса, когда живые организмы реагируют на интоксикацию быстро и наглядно. В этот период происходит массовая гибель организмов.

По мере распространения нефти по поверхности моря, её выветривания, разбавления и диспергирования в толще морской воды, а также выноса на берег и оседания на дне, происходит долговременное воздействие остатков нефти и вторичные эффекты, которые приводят к деградации местообитаний, нарушениям роста, питания и размножения живых организмов.

В целях обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге, в рамках городской территориальной подсистемы Российской единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, функционирует соответствующая подсистема. При этом система реагирования на разливы нефти является наиболее значимой её составляющей. Санкт-Петербург — единственный субъект Российской Федерации, где задача ликвидации разливов нефти возложена на правительство субъекта.

В Санкт-Петербурге функционирует отлаженная система взаимодействия со всеми ответственными структурами в случае загрязнения территории и акватории города нефтепродуктами.

Для реализации этих задач на базе Санкт-Петербургского государственного унитарного предприятия по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти «Пиларн» создана экологическая аварийная служба (ЭкАСл), которая функционирует в круглосуточном режиме. Степень готовности сил и средств ЭкАСл ГУП «Пиларн» к ликвидации разливов нефтепродуктов на акватории водных объектов Санкт-Петербурга составляет 30 минут к выходу, 4 часа для локализации аварии, а устранение разлива объёмом до 50 тонн может занять до 24 часов.

С 2016 по 2020 год ЭкАСЛ ГУП «Пиларн» совершили 1475 выходов на ликвидацию разливов нефтепродуктов, и за это время собрали более 228 тонн нефтепродуктов (рисунок 1.2).

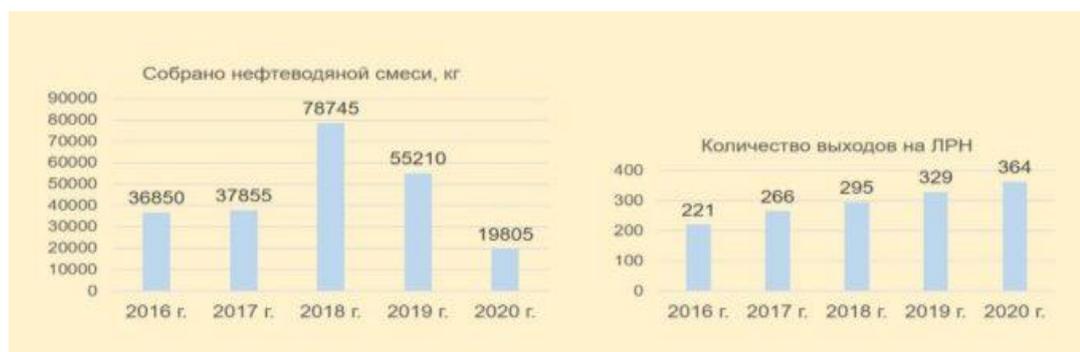


Рисунок 1.2. Количество выходов ЭкАСЛ ГУП «Пиларн» на разливы нефтепродуктов, количество собранных нефтепродуктов за 2016–2020 годы

С 2015 года в рамках комплексной программы по предотвращению загрязнения акватории водных объектов Санкт-Петербурга нефтесодержащими водами, инициированной Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности в сотрудничестве с ГУП «Пиларн», была разработана система приёма загрязнённых вод с судов. ГУП «Пиларн» осуществляет приём подсланевых вод с пассажирских судов на территории городской акватории. В результате за навигационный период 2018 года было предотвращено попадание в водные объекты 563 тонн нефтеводяной смеси, в 2019 году — 672,5 тонн, а в 2020 году — 286,34 тонн.

Помимо этого, комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, а также Экологический аварийный спасательный отряд Государственного унитарного предприятия «Пиларн» ежегодно проводят учения и тренировки, направленные на ликвидацию последствий разливов нефти. Эти мероприятия включены в городской план основных мероприятий в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах [14].

Таким образом, система предупреждения и ликвидации разливов нефти, функционирующая в Санкт-Петербурге, представляет собой действенный инструмент, позволяющий решать широкий круг задач, связанных с этой проблематикой. Эта система охватывает весь спектр вопросов, начиная от предотвращения разливов нефти и заканчивая экологическим просвещением [14].

Также существует «план по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов», который представляет собой комплекс мер, направленных на минимизацию риска возникновения аварий, а в случае их возникновения – на оперативное и эффективное реагирование с целью защиты окружающей среды и минимизации ущерба для прибрежных экосистем. Особенно актуален данный план для регионов с высокой экологической чувствительностью, таких как восточная часть Финского залива, где даже незначительные разливы могут привести к серьёзным экологическим последствиям. [15]

План «ЛАРН» разрабатывается на основе нормативов, которые определяют максимальный объем утечки нефтепродуктов в тоннах для каждого типа объектов и вида сухопутного и водного транспорта. После разработки план «ЛАРН» проходит согласование в МЧС России, а также иных надзорных органах согласно установленному порядку, в зависимости от категории чрезвычайной ситуации [15].

## **2. Физико-географическое описание восточной (русской) части Финского залива**

### **2.1. Географическое положение**

Финский залив – самый большой залив Балтийского моря, занимающий площадь в 29600 км<sup>2</sup> (7% от площади Балтийского моря). Залив находится на координатах 59°53' с.ш., 26°06' в.д. Средняя глубина 36 м (максимальная – 121 м). Длина залива от полуострова Ханко до Санкт-Петербурга составляет 420 км, ширина от 70 км в горле до 130 км в самой широкой ее части (меридиан острова Мощный) [16].

Русской частью акватории являются 11000 км<sup>2</sup> и включает в себя Нарвский залив в южной части Финского залива, Выборгский залив в северной части, Лужская и Копорская губы в юго-восточной части, и Невская губа в восточной части Финского залива, которая больше всего интересует нас в данной работе [17].

Крупнейшей рекой, впадающей в Финский залив с её восточной части является Нева.

В восточной части Финского залива находится город Санкт-Петербург, который в свою очередь включает в себя такие населенные пункты, как Кронштадт, Ломоносов, Зеленогорск, Сестрорецк и Петергоф (все – Ленинградская область), а также Выборг, Приморск, Сосновый бор, Усть-Луга и Высоцк (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1. Восточная часть Финского залива.

## 2.2. Экологические и климатические условия

### *Климатические условия*

Климатические условия восточной части Финского залива имеют характер умеренных широт.

Присутствует большое влияние Атлантического океана, с которого переносятся воздушные массы. В течение года можно наблюдать циклоническую циркуляцию, но в конце весны (в мае) и начале лета (в июне) наблюдается сумма антициклонических и малоградиентных барических полей, которые имеют повторяемость, превышающую 50% [18].

Зима в восточной части Финского залива начинается в конце ноября и заканчивается в начале апреля. С начала этого периода температура воздуха составляет от 0 до  $-8^{\circ}\text{C}$ . С началом календарного года температура находится в диапазоне от  $-5$  до  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Весна длится примерно два месяца: апрель и май. В этот период так же возможны поздние снегопады и существенное понижение температуры воздуха.

Лето в восточной части Финского залива умеренно тёплое и длится с начала июня до середины сентября. Средняя температура воздуха в этот период –  $15-20^{\circ}\text{C}$ .

Осень начинается в середине сентября. Для этого периода характерно стремительное ухудшение погодных условий, обильные ливни и существенные перепады температур [18].

Несмотря на чётко выделенные периоды, частая смена воздушных масс над восточной частью Финского залива способствует существенному отклонению отдельных климатических характеристик от средних в каждом из сезонов.

В этом районе преобладают западные, юго-западные и южные направления ветров. Ветер оказывает очень сильное влияние на Финский залив. Благодаря ему формируются длинная волны, нагоны, стоны или сейши.

Благодаря облачности, количество суммарной радиации в течение всего года снижается на 38%, а прямой – на 60%. Радиационный баланс с ноября по март является отрицательным, но в целом за год – положительный ( $1400-1500$  МДж/ $\text{m}^2$ ) [18].

### *Экологические условия*

Экологическое состояние Финского залива имеет большую значимость как минимум для трёх стран: Финляндии, Эстонии и России. С 1992 года происходит трехстороннее сотрудничество между вышеперечисленными странами, для экологического благополучия Финского залива и вопросов, способствующих

улучшению данного объекта. Также в этот год была создана «Хельсинская комиссия», которое разрабатывает вопросы по защите морской среды Балтийского моря, а значит, и Финского залива в частности.

Каждый год в Российской Федерации проводится оценка экологического состояния Финского залива. Оно входит в ежегодное издание об экологической обстановке в г. Санкт-Петербурге. Проводятся мониторинги состояния вод Финского залива и различные проекты, направленные на изучение состояния флоры и фауны и влияние на них антропогенной деятельности человека.

В целом, экологическое состояние восточной части Финского залива неудовлетворительное. Наблюдается процесс антропогенного эвтрофирования. Происходят изменения видового состава зоопланктона и его увеличение продуктивности. Высокий уровень фекального загрязнения. По числу сапрофитов состояние воды оценивается как плохое [19].

Основные источники загрязнения восточной части Финского залива:

#### 1. Водный транспорт

Судоходство хорошо развито в рассматриваемой нами части Финского залива. Он сильно влияет на волновую деятельность. Также происходит сброс вод с судов. Происходят аварии, из-за которых в залив попадают нефтяные отходы.

#### 2. Сброс сточных вод

Санкт-Петербург – второй город в России по объёму сброса сточных вод в водные объекты (примерно 1286 млн м<sup>2</sup>). Около 78% сточных вод попадает в Финский залив [20].

#### 3. Намыв новых территорий

В настоящий момент в восточной части Финского залива имеется около 500 гектар намывных земельных территорий.

В 2006 году был разработан «Морской фасад» (намыв Васильевского острова) - искусственно сформированная приморская территория в западной части Васильевского острова в Санкт-Петербурге. 5 декабря 2024 года формирование Северного намыва на острове завершили.

Все эти действия негативно влияют на экологическую состояние Финского залива.

#### 4. Открытие портов

В 2001 году был открыт торговый порт «Усть-Луга» в Лужской губе Финского залива. Сформированная территория была результатом дноуглубительных работ в акватории Лужской губы. Глубина отдельных участков губы увеличилась с 2-5 м до 16 м.

Строительство порта отрицательно сказалось на нересте рыб в Лужской губе, результатом является уменьшение её количества в акватории.

После строительства порта в воде увеличились содержания железа, никеля, хрома и биогенов. Произошло изменение основных параметров биотической и абиотической среды [18].

#### 5. Полигоны промышленных отходов и свалки

Полигоны промышленных отходов и нелегальные свалки – один из самых главных источников поступления загрязненных веществ в Финский залив.

Растёт удельный вес токсичных проблемных отходов. Пожары на свалках в бассейне Финского залива являются источником неконтролируемого поступления ПХБ в воды Финского залива. Концентрация полихлорбифенилов в местах горения достигают 5600 мкг/кг [21].

По всей территории Финского залива распространено множество полигонов бытовых отходов. Происходит загрязнение стоков тяжелыми металлами, а это около 70% от всех источников загрязнения.

### 2.3. Литолого-геоморфологическая характеристика побережья

Побережье восточной части Финского залива представляет собой террасированную равнину [22]. Самые высокие террасы, расположенные на абсолютных высотах от 45–50 до 100 м свидетельствуют о быстром изменении уровня приледникового бассейна [23].

Геоморфологическая карта восточной части Финского залива и его береговой зоны (рисунок 2.2).

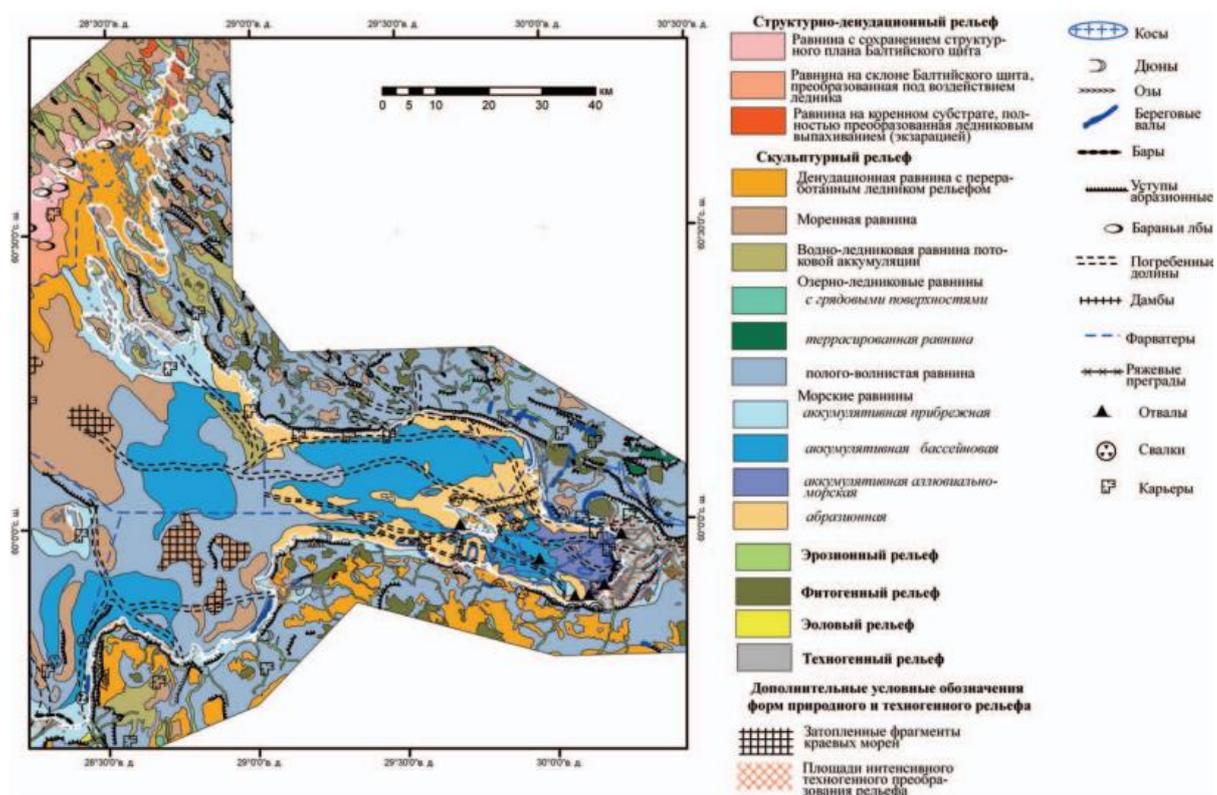


Рисунок 2.2. Геоморфологическая карта восточной части Финского залива и его береговой зоны.

В постледниковый период сформировались нижние террасы, которые, как правило, являются аккумулятивными. В Приневской низменности их высота достигает восьми метров над уровнем моря. В районе города Приморска максимальная отметка Анциловой трансгрессии составляет 26,6 метра [24].

В окрестностях посёлка Лужки наблюдается трансгрессия анциловой эпохи, высота которой составляет +30 метров. Береговая линия Литоринового моря отчётливо выражена в рельефе благодаря абразионным уступам и береговым валам. Максимальные абсолютные высоты поверхности морской литориновой террасированной равнины варьируются от +8 метров в районе Санкт-Петербурга до +15 метров в районе посёлка Лужки [25].

Южное побережье залива, включающее в себя Кургальский и Сойкинский полуострова, отличается чёткой ярусной структурой. Эта особенность обусловлена спецификой дочетвертичного рельефа, который был преобразован в результате плейстоценовых оледенений и окончательно «отшлифован» послеледниковыми водными бассейнами [22].

Верхний ярус рельефа представлен Сойкинской возвышенностью, а также Кургаловским и Куровицким плато, которые окружены низменными равнинами, открывающимися в сторону залива. В результате литориновой трансгрессии сформировался нижний ярус рельефа — нижняя терраса [22].

На западном берегу Сойкинского полуострова нижняя терраса окаймлена литориновым абразионным уступом. На юге Лужской губы литориновая терраса осложнена вытянутыми параллельно берегу древними береговыми валами. Наибольшее развитие они получили на участке между реками Луга и Хаболовка [26].

Данные о направленности и интенсивности современных тектонических процессов противоречивы. В рассматриваемом регионе в целом наблюдаются дифференцированные блоковые движения земной коры [26, 27].

Области, где преобладают поднятия, включают северное побережье восточной части Финского залива к западу от мыса Флотский и южное побережье залива от города Ломоносов до мыса Колгомпя в Копорской губе.

Области, где преобладают опускания, включают южное побережье к востоку от мыса Колгомпя, восточную часть Курортного района и Невскую губу [27].

## **2.4. Биоразнообразие**

Фитопланктон характеризуется значительным разнообразием и обилием видов, особенно в прибрежных зонах. На протяжении большей части вегетационного периода основу сообществ составляют нитчатые сине-зелёные водоросли, а также представители зелёных водорослей.

В восточной части Финского залива зообентос отличается качественным обеднением видового состава. Распространение большинства видов ограничено мелководными участками, которые хорошо прогреваются и опресняются. Глубоководная зона заселена лишь несколькими видами беспозвоночных. Для прибрежной части, которая занята слабо заиленными песками, характерно наличие крупных моллюсков.

Рыбная фауна восточной части Финского залива представлена морскими, пресноводными и проходными видами. Морские виды составляют основу промысла, обеспечивая от 61,0% до 84,7% общего среднегодового вылова.

Несмотря на разнообразие видов, промысловое значение имеют следующие рыбы: балтийская сельдь или салака, балтийский шпрот, сиг обыкновенный, судак, корюшка европейская, лещ, плотва и налим.

Важной характерной чертой экосистемы восточной части Финского залива является потенциально высокая продуктивность, обусловленная значительным количеством биогенных веществ, поступающих с речным стоком. С одной стороны, это благоприятно сказывается на уловах рыб, но, с другой стороны, приводит к ускорению процессов эвтрофикации, сопровождающихся

«цветением» водной толщи, снижением общего видового разнообразия и расширением зон придонной гипоксии.

## **2.5. Система природопользования в прибрежно-морской зоне**

Система природопользования представляет собой интегрированный комплекс мер, направленных на рациональное, устойчивое и экологически безопасное использование природных ресурсов. Она объединяет законодательное регулирование, государственное планирование, мониторинг и контроль за использованием природных ресурсов, а также мероприятия по охране окружающей среды [29]. Такая система обеспечивает баланс между экономическим развитием и сохранением экосистем, что является особенно важным в регионах с высокой экологической чувствительностью, например, в прибрежной зоне Восточной части Финского залива.

В прибрежно-морской зоне ведется комплекс хозяйственной деятельности, включающий коммерческое рыболовство, аквакультуру, судоходство, развитие портовой инфраструктуры, туризм и рекреацию, а также добычу нефти, газа и полезных ископаемых. Эти отрасли способствуют экономическому росту регионов и интеграции в глобальную экономику, однако требуют строгого соблюдения экологических стандартов для обеспечения устойчивого использования природных ресурсов и сохранения природного баланса. В связи с этим наиболее значимым является применение современных технологий мониторинга и охраны окружающей среды, а также нормативное регулирование [29].

Мы можем выделить несколько аспектов систем природопользования в прибрежно-морской зоне восточной части Финского залива:

1. Берегозащита — это комплекс мер, направленных на восстановление и стабилизацию береговой зоны в Санкт-Петербурге. В рамках проекта Концепции

по берегозащите восточной части Финского залива и водных объектов города были разработаны мероприятия, включающие создание эколого-геологической и инженерно-геологической основ берегозащиты.

Проект предусматривает проектно-изыскательские работы на аварийных участках и участках перспективного развития, а также строительно-монтажные работы по созданию берегозащитных сооружений. Важным аспектом проекта является мониторинг состояния геологической среды прибрежных районов [28].

2. Сохранение мелководных экосистем Финского залива представляет собой крайне важную задачу, поскольку эти территории являются ключевыми местообитаниями для нерестящихся рыб, гнездящихся птиц и миграционных стоянок водно-болотных птиц.

Для обеспечения их сохранности создаются особо охраняемые природные территории, такие как государственные природные заказники «Северное побережье Невской губы» и «Западный Котлин».

3. Сокращение поступления биогенных веществ в акваторию Финского залива. Это может быть обеспечено путём введения более строгих нормативов очистки сточных вод, запрета на применение моющих средств, содержащих фосфор, а также путём реализации жёсткой политики в сфере сельского хозяйства, касающейся использования удобрений, кормов для животных и обращения с отходами животноводческих хозяйств.

Ко всему прочему, с 2001 года в Санкт-Петербурге осуществляется масштабная программа, направленная на улучшение экологической ситуации в водной среде и сохранение водных ресурсов Балтийского моря. Её цель — полное прекращение сброса неочищенных сточных вод в водоёмы Санкт-Петербурга.

### **3. Обзор методик картирования экологической чувствительности для планирования и осуществления защитных мер при аварийных разливах нефти**

#### **3.1. Методика картирования экологической чувствительности Журавель и Чурсиной**

Предотвращение последствий аварийных разливов нефти и защита окружающей среды являются важными задачами. Одним из ключевых инструментов в решении данных задач является картирование экологической чувствительности, которые позволяют определить наиболее уязвимые зоны и устанавливаются приоритеты, а также разработать эффективные планы по защите и ликвидации загрязнений.

Рассмотрим первую методику, предложенную Чурсиной и Журавелем в 2001 году [30]. Она подробно анализирует физико-географические и биологические особенности прибрежных акваторий. Особое внимание в данной методике уделяется классификации береговых зон и определению границ ледяного покрова. Методика включает в себя применение материалов из фондовых и литературных источников, а также использование аэрокосмических изображений для создания карт.

##### **1. Постановка задачи.**

Картирование экологической чувствительности прибрежных зон по отношению к аварийным разливам нефти производится для выявления прибрежных акваторий и участков побережья, которые считаются уязвимыми с экологической и ценными с социально-экономической точек зрения, и являющимися наиболее приоритетными объектами для защиты при аварийных разливах нефти. Карты экологической чувствительности представляют собой официальные документы, которые доступны для всеобщего ознакомления.

## 2. Экологическая чувствительность.

Под экологической чувствительностью к нефтяному загрязнению понимается уровень уязвимости объектов, которые подвергаются оценке по отношению к данному антропогенному воздействию. Цель оценки экологической восприимчивости заключается в создании системы приоритетов для определения важности и первоочередности мер по защите оцениваемых объектов от потенциальных и фактических нефтяных загрязнений.

Экологическая чувствительность определяется на основе следующих категорий:

А. Социально-экономическая значимость объекта.

Б. Биологическая ценность объекта.

В. Геоморфологическое строение объекта, которое влияет на его физическую подверженность нефтяному загрязнению и способность к его удержанию.

## 3. Методика картирования.

Для картирования необходимо составить карты территорий, где существует высокая вероятность аварийного разлива нефти. Карты должны быть достаточно подробными и точными для возможности планирования и контролирования операций во время учений, тренировок и реальных действий.

При составлении карт масштабом 1:1000000 используются данные из разных источников, включая фондовые и литературные источники, а также материалы дешифровки аэрокосмических снимков. При малом количестве информации необходимо провести рекогносцировочные геолого-экологические исследования.

Составление карт масштабом 1:100000 требуют проведения дополнительных геолого-экологических исследований, дополняющих имеющуюся информацию.

Картографированию подлежат:

- Границы береговых зон.
- Типы береговых зон.
- Розы ветров и преобладающие направления прибрежных течений.
- Границы ледового покрова.
- Выявленные участки загрязнения береговых зон.
- Биологические ресурсы (птицы, сухопутные животные, морские животные, рыбы, растительность).
- Области промышленного и местного рыбного промысла.
- Участки акваторий, запрещенные или ограниченные для применения диспергентов, сжигания нефти и т.п.

#### 4. Сбор данных.

В процессе создания карт применяются:

- Информация, полученная в ходе инженерно-экологических изысканий.
- Сведения о природных условиях прибрежной территории, опубликованные в различных источниках.
- Данные о социальных, культурных и экономических аспектах, представленные в СМИ.
- Результаты геолого-экологических исследований.

#### 5. Геолого-экологические исследования.

Данные исследования включают в себя:

- Исследования морфологии и динамики береговой линии.
- Анализ литологического состава отложений.

- Изучение процессов, происходящих на побережье.
- Исследование состояний наземных и водных экосистем.
- Анализ социально-экономического использования прибрежных территорий.

#### 6. Суммарный индекс чувствительности.

Для определения подверженности объекта воздействию окружающей среды проводится комплексная оценка экологической чувствительности по нескольким категориям: социально-экономическая значимость, биологическая ценность, геоморфологическое строение) с заданными весовыми коэффициентами. В результате вычислений определяется суммарный индекс, позволяющий определить один из трех уровней чувствительности: низкий, средний и высокий, которые на карте отображаются разными цветами.

#### 7. Типизация береговых зон.

Типизация осуществляется на основе уязвимости нефтяных загрязнений. Она зависит от гидродинамических характеристик, наклона приливной зоны, типа геологических пород и степени населенностью берега растительностью и донными организмами. В результате было выделено десять типов береговых зон, от полностью непроницаемых вертикальных до низкоэнергетических зон, заросших растительностью.

Завершающим этапом картирования предполагает определение зон на побережье с разной степенью уязвимости, которые на карте обозначаются разными цветами. Карты чувствительности составляются с пояснительной записью и разделены по сезонам: ледовый период, весна, осень, лето.

В итоге, картирование по данной методики будет выполняться в четыре этапа:

1. Определение границ и типов береговых зон.
2. Сбор и анализ данных.

3. Картографирование.
4. Оценка экологической чувствительности.

### **3.2. Методика Всемирного фонда дикой природы (WWF Oil Net)**

Рассмотрим вторую методику, разработанную Всемирным фондом дикой природы (WWF Oil Net) [31]. В основе этой методики лежит создание комплексных карт уязвимости, которые позволяют разработать эффективные меры реагирования на аварийные разливы нефти. Карты, созданные по данной методике, служат основой для принятия решений при ликвидации аварийных разливов нефтяных загрязнений и разработки системы мониторинга и контроля окружающей среды.

Методика разработана для создания карт, наглядно показывающих наиболее экологически уязвимые для разливов нефти и нефтепродуктов территории Российской Федерации. Данные карты помогают в планировании и проведении работ по ликвидации аварийных разливов нефти. Карты интегральной уязвимости помогают разрабатывать эффективные стратегии по защите экосистем и снижению ущерба от нефтяных загрязнений.

Основные этапы методики:

1. Создание карт экологической уязвимости.

Карты должны быть созданы с учетом определенной направленности и масштаба для эффективности принятых решений.

Изменение масштаба карт не может быть допустимо, поскольку это может привести к искажению данных.

2. Создание карт интегральной уязвимости.

Основной задачей создания карт интегральной уязвимости является разработка плана действий и стратегии реагирования на разливы нефтяных загрязнений, а сами карты служат фундаментом для принятия оптимальных решений при ликвидации аварийных разливах нефти.

### 3. Методология оценок уязвимости.

В категории рассматриваемых объектов входят экосистемные компоненты, социально-экономические объекты и объекты инфраструктуры.

В требования при создании карт включаются тематические слои с детальной информацией о каждом объекте.

### 4. Управление и требования к разработкам карт.

Процесс управления проектами включает в себя планирование, координацию и контроль выполнения работ. Ответственные за разработку карт должны обладать необходимыми навыками и знаниями в области экологического картирования и ликвидации разливов нефти.

### 5. Сезонные карты уязвимости.

Сезонные карты уязвимости создаются для наглядности изменения экосистемы в разные времена года, и учитывают сезонные изменения для более точной оценки уязвимости.

### 6. Уязвимость важных экосистемных компонентов (ВЭК).

Оценка уязвимости производится с помощью анализа уязвимости разных групп живых существ к нефтяным загрязнениям. Рассматриваются такие живые организмы, как фитопланктон, зоопланктон, бентос, млекопитающие, рыбы и птицы.

### 7. Разработка карт.

Интегральные карты уязвимости формируются на основе интеграции данных о физической подверженности, экосистемной значимости и социально-экономической ценности объектов.

Карты должны содержать в себе необходимую информацию и визуально понятными.

Практическое применение:

Карты применяются для планирования мероприятий, разработки системы мониторинга, контроля за состоянием экосистем и моделирования разливов нефтепродуктов с последующей оценкой последствий для экосистем.

Для данной работы преимущественно будет использована первая методика, которая является более универсальной и концентрируется на объекте оценки, в то время как вторая методика является более разносторонней. Оба метода преследуют схожие цели и задачи, но различаются в деталях реализации и подходах к разработке карт экологической чувствительности.

#### 4. Картирование экологической чувствительности к разливам нефти прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива

Данные, на основе которых была выполнена оценка экологической чувствительности, были взяты из открытых источников.

Согласно методике определения экологической чувствительности прибрежной зоны к разливам нефти (Журавель, Чурсина, 2001 [30]), в процессе расчета чувствительности были предварительно установлены следующие числовые показатели в баллах (таблица 4.1).

Таблица 4.1. Критерии оценивания чувствительности прибрежной зоны по методике Журавель и Чурсиной [30].

Категории и показатели		Баллы
<b>Природопользование</b>		
Использование биологических и природных ресурсов местным населением	Области прибрежного рыболовства, добычи бентосной фауны, промысла морских животных, объекты морской культуры	2 балла
	Прибрежные источники пресной воды (прибрежная разгрузка грунтовых вод), прибрежные месторождения строительных материалов	1 балл
	Биологические и природные ресурсы не используются человеком	0 баллов
Социально-экономические и культурные	Места культурного и исторического значения	2 балла
	Промышленное оборудование, портовые сооружения и сооружения для спорта и отдыха	1 балл

аспекты	Социально-экономические и культурные объекты отсутствуют	0 баллов
<b>Биологическая чувствительность</b>		
Наличие редких и охраняемых видов	На территории встречается охраняемый вид с 1-ым или 2-ым охранным статусом, два охраняемых вида с 3-им охранным статусом	2 балла
	На территории встречается охраняемый вид с 3-им и 4-ым охранным статусом	1 балл
	На территории не встречаются охраняемые виды	0 баллов
Природоохранный статус территории	Международный охранный статус, государственный заповедник, биосферный заповедник	2 балла
	Другой природоохранный статус	1 балл
	Отсутствует	0 баллов
Области концентрации животных	Большие колонии птиц (более 100 птиц), области обитания сухопутных и морских животных (более 10 животных)	2 балла
	Колонии птиц (от 10 до 100 птиц), области обитания сухопутных и морских животных (менее 10 животных)	1 балл
	Колонии птиц (менее 10 птиц), единичные животные	0 баллов
Биологическое разнообразие	Критерий биологического разнообразия – более 0,7	2 балла
	Критерий биологического разнообразия от 0,3 до 0,7	1 балл
	Критерий биологического разнообразия – менее 0,3	0 баллов

Биологически важные территории	Территория воспроизводства и развития молодых организмов	2 балла
	Пути миграции зверей и (или) птиц	1 балл
	Территория не является биологически важной	0 баллов
<b>Подверженность нефтяным загрязнениям</b>		
Типы береговых зон по степени подверженности нефтяным загрязнениям	10-9 типы	3 балла
	7-8 типы	2 балла
	4-6 типы	1 балл
	1-3 типы	0 балл
Наличие ранее загрязненных территорий	Участки береговых зон с ранее выявленным загрязнением	1 балл

Прежде чем использовать данную методику, необходимо разделить побережье исследуемой территории на девять районов (рисунок 4.1).

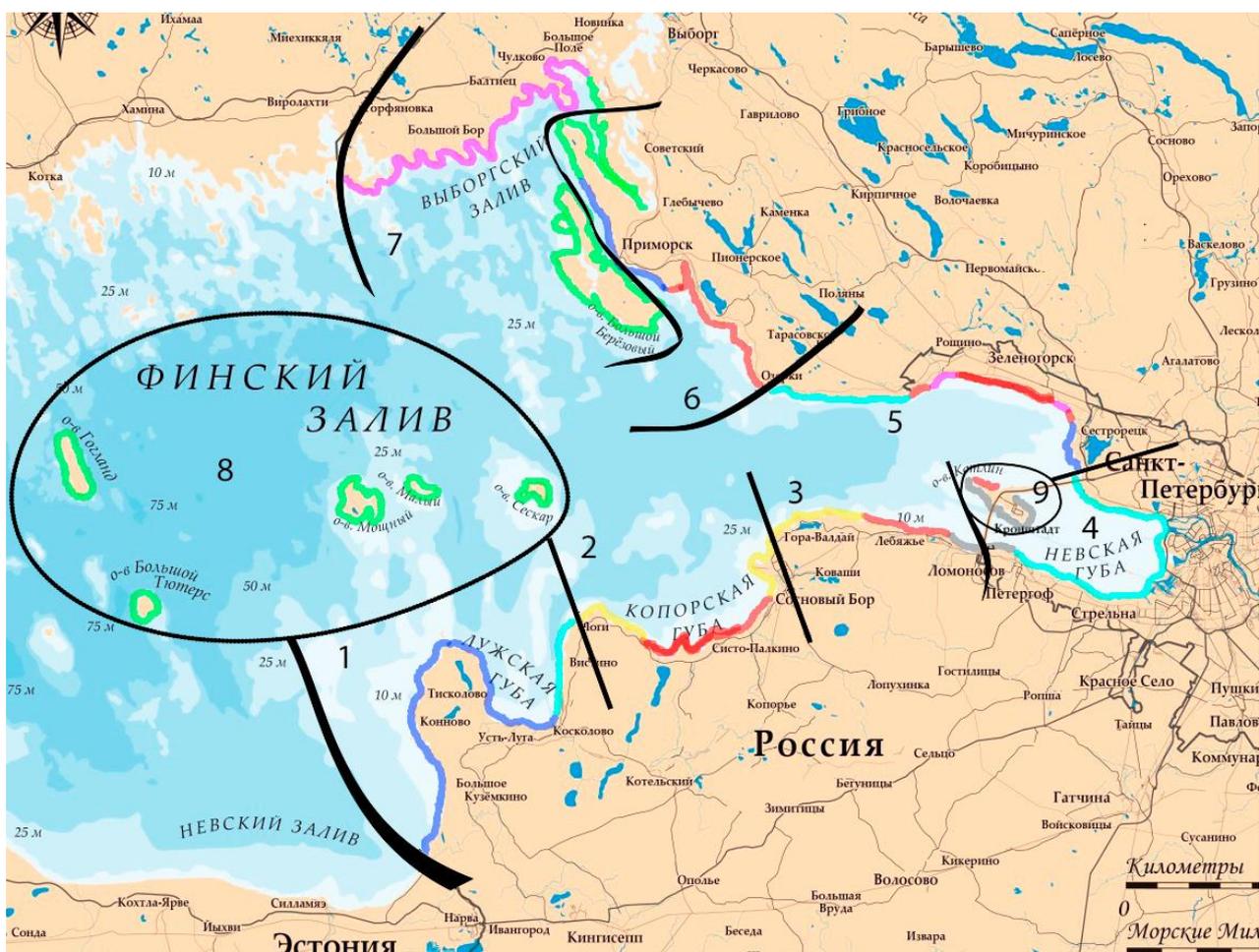
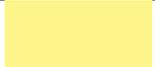


Рисунок 4.1. Карта акватории восточной (российской) части Финского залива с обозначением районов и выделением типа береговой линии.

Условные обозначения типов береговой линии для рисунка 4.1 (таблица 4.2).

Таблица 4.2. Условные обозначения типов берегов восточной (российской) части Финского залива по методике Журавель и Чурсина для рисунка 4.1.

Цвет на карте	Тип берега	Характеристика берега	№ районов, в котором встречается тип берега
	I	Открытые непроницаемые вертикальные	7, 8

	II	Открытые непроницаемые наклонные	5, 7
	III	Береговые зоны, сложенные породами с низкой проницаемостью	2, 3, 5, 6, 9
	IV	Береговые зоны, сложенные породами со средней проницаемостью	1, 5, 6
	VI	Береговые зоны, сложенные породами с умеренно-высокой проницаемостью	2, 3
	VIII	Закрытые береговые зоны, сложенные непроницаемостью породами	3, 4, 9
	IX	Закрытые плоские полупроницаемые береговые зоны	1, 4, 5

Для каждого из районов необходимо рассчитать индекс экологической чувствительности по отношению к аварийным разливам с учетом типов и подтипов береговых линий для каждого из районов исследования.

## 4.1. Оценивание показателей в категории «Природопользование»

### Показатель «Использование биологических и природных ресурсов местным населением»

Для оценивания данного показателя используем комплексную схему функционального зонирования акватории и прибрежной территории восточной (российской) части Финского залива (рисунок 4.2).

#### Комплексная схема функционального зонирования акватории и прибрежной зоны Восточной (российской) части Финского залива

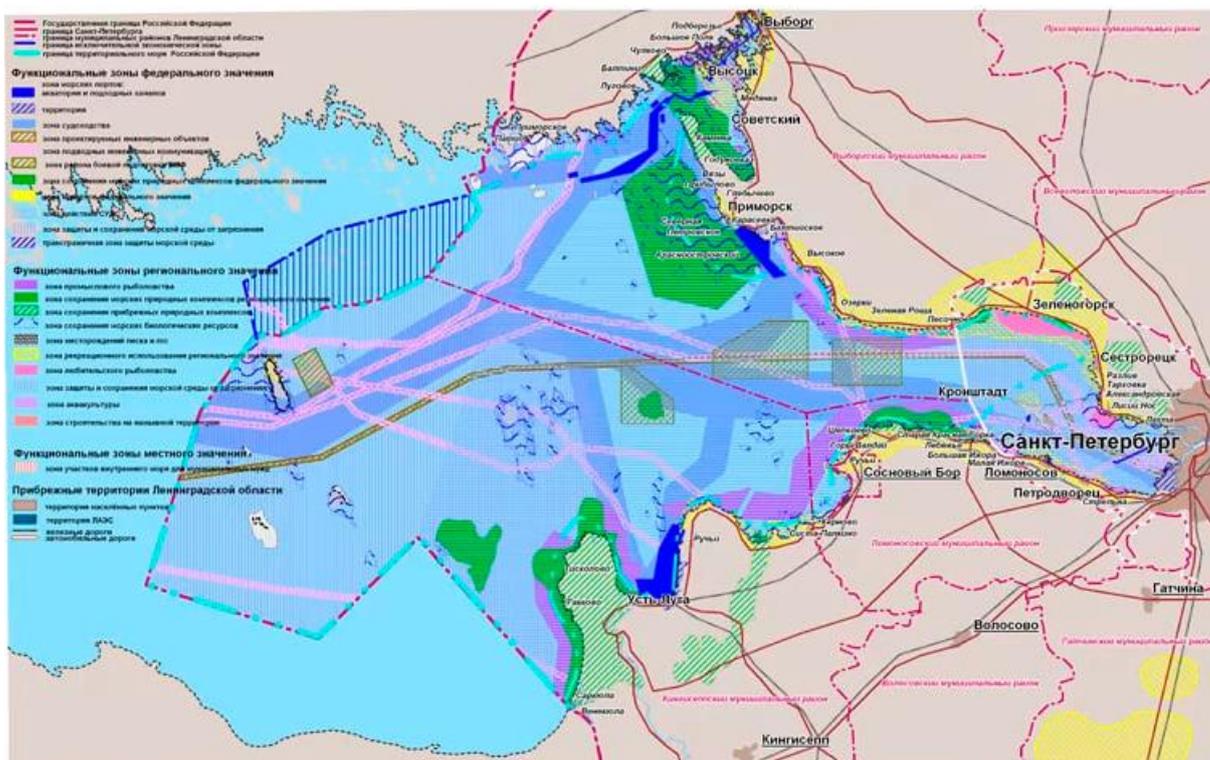


Рисунок 4.2. Комплексная схема функционального зонирования акватории и прибрежной зоны восточной (российской) части Финского залива.

Из комплексной схемы функционального зонирования акватории и прибрежной зоны исследуемого нами объекта (рисунок 4.2) можно сделать следующие выводы:

Район №1 активно используется для различного вида рыболовства, а также для сбора водных биологических ресурсов. Биологические и природные ресурсы в этом районе являются важным элементом местной хозяйственной деятельности. Оценка – 2 балла.

В районе №2 использование биологических и природных ресурсов местным населением меньше. Основное использование связано с частичным прибрежным ловом рыбы. Природопользование умеренное, оценка – 1 балл.

В районе №3 сочетаются урбанизированные и полугородские застройки с природными и прибрежными участками. Основное использование ресурсов местным населением связано с редкой рыбалкой и сбором дикорастущих природных растений. Природопользование умеренное, оценка – 1 балл.

Район №4 – густонаселенный район с промышленной и портовой инфраструктурой. Район не используется для добычи, так как в нем отсутствуют условия для рыболовства или сельского хозяйства. Оценка – 0 баллов.

Район №5 – пригороды, используемые преимущественно для дачного отдыха. Природопользование умеренное – 1 балл.

Район №6 – район с портом и исторически установившимся прибрежным промыслом. Местные жители активно занимаются рыболовством, в которое входит вылов сельди, корюшки и других видов рыб. Район также используется для марикультурных целей. Оценка – 2 балла.

В районе №7 активно используются природные ресурсы. В данном районе возможно использование как хозяйственной деятельности, так и частично охраняемое природопользование. Оценка – 2 балла.

Район №8 является самым удаленным и находится у морской границы. Постоянного населения и устойчивого промысла нет, но возможно сезонное рыболовство. Использование природных ресурсов в этом районе носит нерегулярный характер, оценка – 1 балл.

Район №9 является урбанизированным. В этом районе нет условий для использования природных и биологических ресурсов местным населением. Оценка – 0 баллов.

Результаты оценивания показателя «Использование биологических и природных ресурсов местным населением» (таблица 4.3).

Таблица 4.3. Оценка по баллам показателя «Использование биологических и природных ресурсов местным населением».

<b>Район №</b>	<b>Балл</b>
1	2
2	1
3	1
4	0
5	1
6	2
7	2
8	1
9	0

#### **Показатель «Социально-экономические и культурные аспекты»**

По рисунку 4.2 можно сделать следующие выводы:

В районе №1 находится крупный морской торговый порт «Усть-Луга». Оценка – 1 балл.

Район №2 включает в себя дачные зоны отдыха и остатки исторических усадеб. Оценка – 1 балл.

В районе №3 находится город Ломоносов (Ораниенбаум) – объект историко-культурного наследия.

Район №4 – крупный мегаполис с высокой культурной и социально-экономической значимостью Санкт-Петербург. Оценка – 2 балла.

Район №5 включает в себя курортные зоны, исторические дачи, санатории и пляжи. Оценка – 1 балл.

Район №6 является промышленным и портовым объектом. Оценка – 1 балл.

В районе №7 находится город Выборг – один из старейших городов России. Является культурным наследием. Оценка – 2 балла.

Район №8 является стратегически важным районом. Оценка – 1 балл.

В районе №9 находится город Кронштадт – объект культурного наследия. Оценка – 2 балла.

Результаты оценивания показателя «Социально-экономические и культурные аспекты» (таблица 4.4).

Таблица 4.4. Оценка по баллам показателя «Социально-экономические и культурные аспекты».

<b>Район №</b>	<b>Балл</b>
1	1
2	1
3	2
4	2
5	1
6	1
7	2
8	1
9	2

## 4.2. Оценивание показателей в категории «Биологическая чувствительность».

Для оценивания показателей в категории «Биологическая чувствительность» необходимо выделить состав местной фауны в лице млекопитающих, птиц, рыб и донных организмов. Ихтиофауна и бентос выделены для всей акватории и прибрежной зоны в целом, орнитофауна и млекопитающие – отдельно по выделенным районам.

### *Бентос*

По данным многолетних наблюдений, суммарное количество таксонов бентоса в восточной (российской) части Финского залива составляет порядка 310 таксонов [32].

### *Ихтиофауна*

Ихтиофауна в восточной (российской) части Финского залива очень разнообразна за счет сочетания морских, пресноводных и проходных типов рыб, и насчитывает порядка 75 различных видов [33].

Основные виды ихтиофауны в восточной (российской) части Финского залива (таблица 4.5).

Таблица 4.5. Основные виды ихтиофауны в восточной (российской) части Финского залива [34].

<b>Морские виды</b>
Балтийская сельдь ( <i>Clupea harengus membras</i> )
Балтийская килька ( <i>Sprattus sprattus balticus</i> )
Треска ( <i>Gadus morhua callarias</i> )
Бельдюга ( <i>Zoarces lumpus</i> )
Пинагор ( <i>Cyclopterus lumpus</i> )

Морская щука ( <i>Belone belone</i> )
Морская колюшка ( <i>Spinachia spinachia</i> )
<b>Проходные и полупроходные виды</b>
Атлантический лосось ( <i>Salmo salar</i> )
Кумжа ( <i>Salmo Trutta</i> )
Ряпушка ( <i>Coregonus albula</i> )
Сиг-марена ( <i>Coregonus maraena</i> )
Речная минога ( <i>Lampetra fluviatilis</i> )
Морская минога ( <i>Petromyzon marinus</i> )
Европейский угорь ( <i>Anguilla anguilla</i> )
Корюшка ( <i>Osmerus eperlanus</i> )
<b>Пресноводные виды</b>
Плотва ( <i>Rutilus rutilus</i> )
Лещ ( <i>Abramis brama</i> )
Окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> )
Щука ( <i>Esox Lucius</i> )
Красноперка ( <i>Scardinius erythrophthalmus</i> )
Судак ( <i>Stizostedion lucioperca</i> )

### *Млекопитающие*

В прибрежной зоне восточной (российской) части Финского залива обитает множество млекопитающих, включая как морских, так и наземных видов. Всего в составе фауны побережья насчитывается около 70 видов млекопитающих [34].

Основные виды млекопитающих и их охранный статус в прибрежной зоне восточной (российской) части Финского залива (таблица 4.6).

Таблица 4.6. Основные виды млекопитающих в прибрежной зоне восточной (российской) части Финского залива, и их охранный статус.

<b>Млекопитающее</b>	<b>Охранный статус</b>
Балтийская кольчатая нерпа ( <i>Pusa hispida botnica</i> )	Красная книга РФ
Серый тюлень ( <i>Halichoerus grypus</i> )	Охраняется в ЕС
Выдра ( <i>Lutra lutra</i> )	Красная книга РФ
Барсук ( <i>Meles meles</i> )	-
Енотовидная собака ( <i>Nyctereutes procyonoides</i> )	-
Лось ( <i>Alces alces</i> )	-
Кабан ( <i>Sus scrofa</i> )	-
Летучие мыши (несколько видов)	7 видов в Красной книге СПб

### *Орнитофауна*

В прибрежной зоне восточной (русской) части Финского залива обитает разнообразная орнитофауна, включающая в себя как обычные, так и редкие виды птиц. Птицы являются самой многочисленной и разнообразной группой позвоночных животных, обитающих на побережье и островах Финского залива. В летний период здесь можно увидеть до 80 видов птиц из 9 отрядов, а в период сезонных миграций (осенью и весной) число околоводных и водоплавающих птиц может превышать 100 видов [35].

В акватории и прибрежной зоне восточной (русской) части Финского залива обитает множество видов птиц, имеющих охранный статус (таблица 4.7).

Таблица 4.7. Список охраняемых птиц акватории и прибрежной зоны восточной (русской) части Финского залива [35].

<b>Вид</b>	<b>Охранный статус</b>
<b>Гагарообразные</b>	
Чернозобая гагара ( <i>Gavia arctica</i> )	Красная книга РФ Красная книга ЛО
<b>Поганки</b>	
Малая поганка ( <i>Podiceps ruficollis</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
Красношейная поганка ( <i>Podiceps auritus</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
Серощекая поганка ( <i>Podiceps griseigena</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
<b>Аистообразные</b>	
Большая выпь ( <i>Botaurus stellaris</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
<b>Пластинчатоклювые, или Гусеобразные</b>	

Черная казарка ( <i>Branta bernicla bernicla</i> )	Красная книга ЛО
Серый гусь ( <i>Anser anser</i> )	Красная книга ЛО
Серая утка ( <i>Anas strepera</i> L)	Красная книга ЛО
Шилохвость ( <i>Anas acuta</i> )	Красная книга ЛО
Пеганка ( <i>Tadorna tadorna</i> )	Красная книга ЛО
Обыкновенная гага ( <i>Somateria mollissima</i> )	Красная книга ЛО
<b>Соколообразные</b>	
Скопа ( <i>Pandion haliaetus</i> )	Красная книга ЛО Красная книга РФ Красная книга СПб
Орлан-белохвост ( <i>Haliaeetus albicilla</i> )	Красная книга ЛО Красная книга РФ

Сапсан ( <i>Falco peregrinus</i> )	Красная книга ЛО Красная книга РФ
Дербник ( <i>Falco columbarius</i> )	Красная книга СПб
Обыкновенная пустельга ( <i>Falco tinnunculus</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
<b>Журавлеобразные</b>	
Водяной пастушок ( <i>Rallus aquaticus</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
Погоньш ( <i>Porzana porzana</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
Камышница ( <i>Gallinula chloropus</i> )	Красная книга СПб
<b>Ржанкообразные</b>	
Галстучник ( <i>Charadrius hiaticula hiaticula</i> )	Красная книга ЛО

Кулик-сорока ( <i>Haematopus ostralegus ostralegus</i> )	Красная книга ЛО
Мородунка ( <i>Xenus cinereus</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
Турухтан ( <i>Philomachus pugnax</i> )	Красная книга ЛО
Чернозобик ( <i>Calidris alpina schinzii</i> )	Красная книга ЛО
Клуша ( <i>Larus fuscus fuscus</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
Чеграва ( <i>Hydroprogne caspia</i> )	Красная книга ЛО
Полярная крачка ( <i>Sterna paradisea</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб
Малая крачка ( <i>Sterna albifrons</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб Красная книга РФ

<b>Воробьинообразные</b>	
Обыкновенный сверчок ( <i>Locustella naevia</i> )	Красная книга ЛО Красная книга СПб

### **Показатель «Наличие редких и охраняемых видов»**

Район №1 является местом гнездования куликов, пролётом водоплавающих и краснокнижных растений, оценивается в 2 балла.

В районе №2 отмечаются охраняемые виды птиц 3-го порядка в прибрежных лесах. Оценка – 1 балл.

В районе №3 находится часть заповедной зоны с охраняемыми видами. Оценка – 2 балла.

Район №4 является местом интенсивной застройки, но порой встречаются отдельные охраняемые виды. Оценка – 1 балл.

В районе №5 находятся леса и водоемы, являющимися местом обитания охраняемых видов птиц и амфибий. Оценка – 1 балл.

В районе №6 наблюдается частый проход мигрирующих птиц, отдельные участки нереста и охраняемые виды 1-го и 2-го порядка. Оценка – 2 балла.

Район №7 является частью охраняемой природной территории, в которую входят редкие виды птиц и млекопитающих. Оценка – 2 балла.

Острова, находящиеся в районе №8, являются местом гнездования охраняемых морских птиц. Оценка – 2 балла.

Район №9 является городской зоной, но отмечаются отдельные виды пролетных птиц. Оценка – 1 балл.

Результаты оценивания показателя «Наличие редких и охраняемых видов» (таблица 4.8).

Таблица 4.8. Оценка по баллам показателя «Наличие редких и охраняемых видов».

<b>Район №</b>	<b>Балл</b>
1	2
2	1
3	2
4	1
5	1
6	2
7	2
8	2
9	1

### **Показатель «Природоохранный статус территории»**

Исходя из рисунка 4.2. можно следующие выводы:

В районе №1 находится Государственный природный комплексный заказник «Кургальский» – 2 балла.

В районе №2 находятся памятники природы и заказники регионального значения – 1 балл.

В районе №3 находится заповедная зона «Лебяжьи» – 2 балла.

Район №4 не имеет охранного статуса, оценивается в 0 баллов.

В районе №5 находятся памятники природы, охраняемые водно-болотные угодья.

В районе №6 есть участки в составе заказников, особо охраняемые территории – 1 балл.

Район №7 является пограничной зоной с природоохранным режимом. Оценка – 1 балл.

Острова района №8 входят в Рамсарскую территорию и охраняемую зону. Оценка – 1 балл.

У района №9 охранный статус отсутствует.

Результаты оценивания показателя «Природоохранный статус территории» (таблица 4.9).

Таблица 4.9. Оценка по баллам показателя «Природоохранный статус территории».

<b>Район №</b>	<b>Балл</b>
1	2
2	1
3	2
4	0
5	1
6	1
7	1
8	2
9	0

#### **Показатель «Области концентрации животных».**

Район №1 является кормовым участком для птиц, сезонным скоплением водоплавающих и нерестилища. Оценка – 2 балла.

В районе №2 наблюдаются пролетные птицы, ограниченные скопления в устьях рек. Оценка – 1 балл.

В районе №3 находятся крупные колонии водоплавающих в прибрежной зоне Лебяжьего. Оценка – 2 балла.

В районах №4 и №5 наблюдаются пролетные и зимующие птицы в заливах, распыленные колонии чаек. Оценка – 1 балл.

В районах №6 и №7 находятся сезонные колонии птиц и места обитания млекопитающих, зоны нереста. Оценка – 2 балла.

Район №8 является местом колоний морских птиц. Оценка – 2 балла.

Район №9 – место гнездовья чаек и отдельных водоплавающих. Оценка – 1 балл.

Результаты оценивания показателя «Области концентрации животных» (таблица 4.10).

Таблица 4.10. Оценка по баллам показателя «Области концентрации животных».

<b>Район №</b>	<b>Балл</b>
1	2
2	1
3	2
4	1
5	1
6	2
7	2
8	2
9	1

**Показатель «Биологическое разнообразие».**

Для определения биологического разнообразия используется критерий биологического разнообразия  $K$ , который определяется как расчетная величина соотношения суммарного количества видов животных (млекопитающих, птиц, донных организмов, рыб) и растений на исследуемой территории к максимальному количеству видов, обитающих в береговой зоне каждого моря с учетом климатической зональности [30].

Расчёты выполняются с помощью  $K = \frac{N_{\text{лок}}}{N_{\text{макс}}}$ , где  $K$  – биологическое разнообразие;  $N_{\text{лок}}$  – суммарное количество видов животных (млекопитающих, птиц, донных организмов, рыб) и растений в конкретном районе;  $N_{\text{макс}}$  – максимальное количество видов для всей прибрежной зоны Финского залива [1].

$$N_{\text{макс}} = \text{орнитофауна} + \text{млекопитающие} + \text{бентос} + \text{ихтиофауна.}$$

$$N_{\text{макс}} = 100 + 70 + 310 + 75 = 555.$$

Результаты оценивания показателя «Области концентрации животных» (таблица 4.11).

Таблица 4.11. Оценка по баллам в показателе «Области концентрации животных».

Район №	$N_{\text{лок}}$	Коэффициент $K$	Балл
1	410	0,74	2
2	315	0,57	1
3	420	0,76	2
4	246	0,44	1
5	272	0,49	1
6	450	0,81	2
7	412	0,74	2
8	435	0,78	2
9	189	0,34	1

### **Показатель «Биологически важные территории»**

Район №1 включает в себя Лужскую губу, которая важна как нерестилище рыб и кормовая база для водоплавающих птиц. Граничит с Кургальским заказником. Оценка – 2 балла.

Через район №2 проходят пролетные маршруты птиц, но территория не имеет официального природоохранного статуса. Оценка – 1 балл.

В район №3 входит Лебяжье, которое входит в международную сеть ИВА и имеет статус регионального заказника. Оценка – 2 балла.

Район №4 урбанизирован. Оценка – 0 баллов.

Район №5 включает себя локальные сезонные концентрации птиц. Оценка – 1 балл.

Район №6 включает в себя охраняемые виды флоры и фауны, но в крупные биологические сети не входит. Оценка – 1 балл.

В районе №7 находятся островные охраняемые биотопы, особенно важные для морских и прибрежных видов. Оценка – 2 балла.

Район №8 включает в себя изолированные острова с высокой природной ценностью, охраняемыми режимами и колониями морских птиц. Оценка – 2 балла.

Район №9 урбанизирован. Оценка – 0 баллов.

Результаты оценивания показателя «Биологически важные территории» (таблица 4.12).

Таблица 4.12. Оценка по баллам показателя «Биологически важные территории».

<b>Район №</b>	<b>Балл</b>
1	2
2	1

3	2
4	0
5	1
6	1
7	2
8	2
9	0

#### **4.3. Оценивание показателей в категории «Подверженность нефтяным загрязнениям»**

**Показатель «Типы береговых зон по степени подверженности нефтяным загрязнениям»**

Критерии оценивания: I-III тип берегов – 0 баллов; IV-VI – 1 балл; VII-VIII – 2 балла, IX-X – 3 балла.

Из рисунка 4.1. и таблицы 4.2. мы можем сделать следующие выводы (таблица 2.13).

Таблица 2.13. Оценка по баллам в категории «Типы береговых зон по степени подверженности нефтяным загрязнениям».

<b>Район №</b>	<b>Преобладающий тип берега</b>	<b>Балл</b>
1	IV	1
2	III	0
3	III	0
4	IX	3
5	IX	3
6	IV	1
7	II	0

8	I	0
9	VIII	2

### **Показатель «Наличие ранее загрязненных территорий»**

Наличие ранее загрязненных территорий в прибрежной зоне восточной (российской) части Финского залива было зафиксировано в районах №1, №4, №6 и №9, данные районы оцениваются в 1 балл. Районы №2, №3, №5, №7 и №8 оцениваются в 0 баллов (таблица 4.14).

Таблица 4.14. Оценка по баллам показателя «Наличие ранее загрязненных территорий».

<b>Район №</b>	<b>Балл</b>
1	1
2	0
3	0
4	1
5	0
6	1
7	0
8	0
9	1

#### **4.4. Расчёт индекса экологической чувствительности к разливам нефти.**

Индекс экологической чувствительности к разливам нефтяных загрязнений для каждого района рассчитывается следующей формулой:  $ESI(k) = \sum P(i)$ , где  $ESI$  – индекс чувствительности;  $k$  – категория

чувствительности;  $P(i)$  – показатель, определяющий каждую категорию (баллы) [30].

Расчёт индекса экологической чувствительности для каждой категории (таблица 4.15, таблица 4.16 и таблица 4.17).

Таблица 4.15. Индекс экологической чувствительности для категории «Природопользование»

<b>Район №</b>	<b>Сумма баллов</b>
1	3
2	2
3	3
4	2
5	2
6	2
7	4
8	2
9	2

Таблица 4.16. Индекс экологической чувствительности для категории «Биологическая чувствительность».

<b>Район №</b>	<b>Сумма баллов</b>
1	10
2	5
3	10
4	3
5	5
6	8
7	9

8	10
9	3

Таблица 4.17. Индекс экологической чувствительности для категории «Подверженность нефтяным загрязнениям».

Район №	Сумма баллов
1	2
2	0
3	0
4	4
5	3
6	2
7	0
8	0
9	3

Сводный индекс чувствительности объекта вычисляется формулой  $ESI = \sum w(k) * ESI(k)$ , где ESI – сводный индекс чувствительности;  $w_k$  – вес каждой категории [30].

Вес каждой категории ( $w_k$ ):

1. «Природопользование» – коэффициент 2,0.
2. «Биологическая чувствительность» - коэффициент 1,75.
3. «Подверженность нефтяным загрязнениям» - коэффициент 1,5.

Полученные сводные индексы чувствительности используются как: взвешивающие коэффициенты при обработке результатов моделирования распространения разливов нефти для определения экологического риска загрязнений с учетом объемов и вероятностей появления нефти на границе

участков береговых линий; основы для определения приоритетов защиты береговых линий по уровню их уязвимости.

Уровни уязвимости территорий к нефтяному загрязнению определяются как:

1. Низкая – от 0 до 5,25 баллов;
2. Средняя – от 5,25 до 15,75 баллов;
3. Высокая – от 15,75 до 31,5 баллов, причем первоочередной защите подлежат участки береговой зоны с высоким уровнем уязвимости [1].

Результаты расчёта сводного индекса чувствительности для каждого района (таблица 4.18).

Таблица 4.18. Расчёт сводного индекса чувствительности для каждого района.

<b>Район №</b>	<b>Сводный индекс чувствительности (ESI)</b>	<b>Уровень уязвимости</b>
1	26,5	Высокий
2	12,75	Средний
3	23,5	Высокий
4	15,25	Средний
5	17,25	Высокий
6	21	Высокий
7	23,75	Высокий
8	21,5	Высокий
9	13,75	Средний

По результатам расчёта сводного индекса из таблицы 4.18 мы можем сделать вывод, что все районы, кроме №2, №4 и №9 имеют высокий уровень уязвимости. Район №2 имеет средний уровень уязвимости ввиду своей низкой экологической чувствительности (по большинству категорий район получил

оценки в 0-1 балл). В районе №4 и районе №9 наблюдается высокая техногенная загрузка, а следовательно, с этим падает природная ценность районов.

Добавим результаты расчёта сводного индекса чувствительности на карту для наглядного отражения результатов исследования и составим карту экологической уязвимости восточной (русской) части Финского залива (рисунок 4.3).

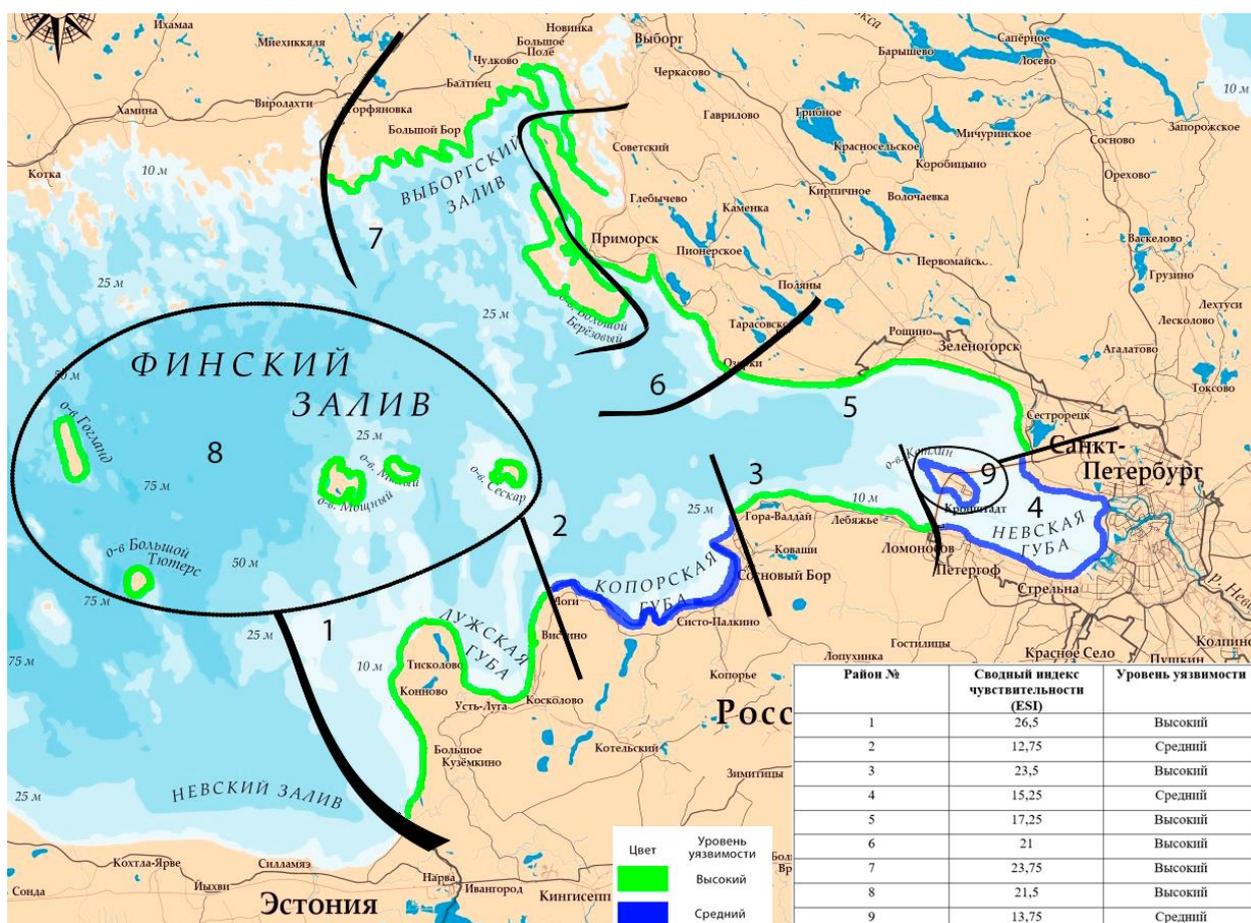


Рисунок 4.3. Карта экологической уязвимости прибрежной зоны восточной (русской) части Финского залива.

#### 4.5. Рекомендации по уменьшению ущерба от нефтяных разливов

Исходя из проведенного исследования и результатов расчета сводного индекса чувствительности, можно сделать ряд рекомендаций по минимизации ущерба от возможных аварийных разливов нефти.

Районы с высокой уязвимостью (№1, №3, №5, №6, №7 и №8) отличаются высокой экологической чувствительностью. В данных районах присутствуют множество охраняемых видов и сложная береговая геоморфология. В этих районах необходимо сосредоточить приоритетное размещение средств оперативного реагирования. Также, важно создать план ликвидации и локализации аварийных разливов нефти (ПЛАРН) с учётом береговой инфраструктуры и волнового-ветрового режима.

Для районов со средней уязвимостью (№2, №4 и №9) целесообразно сосредоточиться на профилактике и мониторинге. В данных районах важно обеспечить регулярный экологический контроль над донными отложениями и прибрежными акваториями, а также модернизировать старые очистные сооружения и повысить экологические требования к судам и портам. Особо важную роль здесь играют метеорологические станции и системы наблюдения, которые позволяют оперативно отслеживать изменения течений, ветра и условий для распространения нефтепродуктов.

В районах №2 (Копорская губа) и №8 (острова Гогланд, Сескар, Мощный, Малый, Большой Тютерс) важно сохранять текущий режим охраны и обеспечить предотвращение расширения судоходства и промышленной активности. Изоляция и удаленность данных районов усложняют оперативную реакцию в случае аварийного разлива, поэтому необходимо заблаговременное планирование доступа и маршрутов подхода.

Дополнительно по всем районам необходимо внедрять информационные щиты и оповещение на особо охраняемых и рекреационных участках побережья, проводить регулярные учения по ликвидации разливов с участием государственных и частных структур, а также обеспечить общественный и

научный экологический мониторинг для постоянной актуализации данных по биоразнообразию и рискам.

### **Заключение**

В рамках данной работы была проведена оценка экологической чувствительности прибрежной зоны восточной (русской) части Финского залива к аварийным разливам нефти. Актуальность данной работы обусловлена высокой антропогенной нагрузкой на акваторию Финского залива, связанной с развитием портовой инфраструктуры, интенсивным судоходством, увеличением объёмов транзитов нефти, а также уязвимостью прибрежных экологических систем к техногенным воздействиям. В основу оценки легла методика Журавель и Чурсиной [30], основанная на расчете сводного индекса чувствительности, позволяющая учитывать одновременно физико-географические особенности береговой линии, биологическое разнообразие, природоохранный статус территорий, наличие объектов социально-культурного значения, степень загрязненности, а также уровень риска аварийных ситуаций для каждого района. Всего было выделено девять обособленных районов, каждый из которых был проанализирован по трем категориям: «Природопользование», «Биологическая чувствительность» и «Подверженность нефтяным загрязнениям».

По результатам исследования можно сделать вывод, что наивысшую экологическую чувствительность демонстрируют районы №1 (Лужская губа), №3 (побережье п. Лебяжье и г. Ломоносов), №5 (побережье п. Озерки, г.

Зеленогорск и г. Сестрорецк), №6 (побережье г. Приморск), №7 (Выборгский залив) и №8 (острова Гогланд, Большой Тютерс, Мощный, Малый и Сескар). Эти районы характеризуются высоким биоразнообразием, наличием охраняемых и редких видов, важными нерестовыми акваториями, а также значительными природными ландшафтами. В случае аварийного загрязнения эти районы будут наиболее чувствительны к последствиям, как из-за низкой способности к самоочищению, так и из-за сложности организации быстрой ликвидации разливов.

Районы с четко выраженной урбанизацией – №4 и №9 (Невская губа и г. Кронштадт соответственно) демонстрируют среднюю чувствительность за счет маленького природного потенциала и высокого риска загрязнений. Данные районы требуют строгого контроля за хозяйственной деятельностью и своевременного реагирования в случае аварийного загрязнения.

Особое внимание в данной работе было уделено оценке биологического разнообразия, природоохранному статусу, концентрации животных, а также наличию ранее загрязненных территорий и риску аварийных разливов. Для каждого исследуемого района были предложены меры по минимизации потенциального ущерба, включающие в себя приоритетное размещение сил реагирования, экологический мониторинг и развитие системы предупреждения.

Результаты данной работы могут быть использованы в практике комплексного управления прибрежными зонами, территориального планирования, в том числе при разработке схем размещения портов, судоходных маршрутов и инфраструктурных проектов, а также для разработки программ по охране окружающей среды. Также эти данные должны учитываться в процессе морского пространственного планирования при распределении различных видов хозяйственной деятельности в прибрежной акватории.

Таким образом, исследование подтверждает высокую значимость типологии прибрежных районов и необходимость учёта экологической

чувствительности в природоохранной и инфраструктурной политике в условиях растущей хозяйственной нагрузки и климатических изменений.

### Список литературы

1. Демельханов М.Д., Оказова З.П., Чупанова И.М. Экологические последствия разливов нефти / ADVANCES IN CURRENT NATURAL SCIENCES № 12, 2015
2. Караев С., Шихалиев К. Экологические проблемы транспортировки нефти и нефтепродуктов и новые методы очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов / Hannover: EAEN, 2014. 44 стр.
3. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. В 2-х т. Т. 1: Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия / М.: Изд-во ВНИРО, 2017. 326 с.
4. Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н. «Нефтяное загрязнение водной среды: особенности, влияние на различные объекты гидросферы, основные методы очистки» / Экобиотех, 2019, Том 2, № 2, С. 157-174
5. ITOPIF (2011). "Effects of Oil Pollution on social and economic activities" / Technical Information Paper 12.
6. ITOPIF. "Economic Effects" / Retrieved 9 December 2023.
7. HELCOM. (2021). State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011–2016. Baltic Sea Environment Proceedings No. 155. Helsinki Commission.

8. SMHI. (2020). Impact of Oil Spills on Fisheries in the Baltic Sea: Economic and Ecological Assessment. Swedish Meteorological and Hydrological Institute.
9. O'Brien. "Oil Spills in ports" / Ports and Harbors: 34–35, 2006.
10. Sarder, Chad and Richard (2011). "Modeling Logistical & Economical Impact of Oil Spill on the Gulf Coast" / Proceedings of the 2011 Industrial Engineering Research Conference.
11. Костяной А.Г., Булычева Е.В., Лаврова О.Ю., Митягина М.И. «Нефтяное загрязнение юго-восточной Балтики и Финского залива» / Проблемы постсоветского пространства, 2016
12. Костяной А.Г., Литовченко К.Ц., Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Бочарова Т.Ю., Станичный С.В., Соловьев Д.М., Лебедев С.А., Сирота А.М. «Оперативный спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения юго-восточной части Балтийского моря» / Комплексный спутниковый мониторинг юго-восточной части Балтийского моря, © А.Г. Костяной, 2005
13. HELCOM, Annual Report 2019 / [интернет-ресурс] «HELCOM», <https://helcom.fi/>
14. Обеспечение экологической безопасности Финского залива в части предупреждения и ликвидации нефтеразливов / [интернет-ресурс] «Окружающая среда Санкт-Петербурга», 20.12.2021
15. План ЛАРН / [интернет-ресурс] «Региональный центр экоаудита и консалтинга»
16. Нежиховский Р.А. ФИНСКИЙ ЗАЛИВ / Река Нева и Невская губа. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — с. 18. — 112 с.
17. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / Гл. ред. О. В. Петров. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. 78 с.

18. Давидана И.Н., Савчук О.П. Экосистемные модели. Оценка экологического состояния Финского залива. Часть II. Гидрометеорологические, гидрохимические, гидробиологические, геологические условия и динамика вод Финского залива [Текст] / И. Н. Давидана. – СПб.: Гидрометеоздат, 1997. – С. 150 – 449.
19. Заключение экспертной комиссии об экологическом состоянии Невской губы и восточной части Финского залива. Ленинград, 1989. – 136 с.
20. Бубличенко А. Г., Бубличенко Ю. Н. Природная среда побережья акватории Финского залива (район порта «Приморск»). СПб, 2003. – 128 с.
21. Кулиба В. В. Анализ экологического воздействия промышленных отходов в бассейне Финского залива [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. к. г. н. / В. В. Кулиба. – СПб.: Ин-т озероведения, 2000. – 18 с
22. Спиридонов М.А., Рябчук Д.В. (ВСЕГЕИ), Орвику К.К. (Таллиннский ун-т), Сухачева Л.Л. (НИИКАМ), Нестерова Е.Н., Жамойда В.А. (ВСЕГЕИ) / Изменение береговой зоны восточной части Финского залива под воздействием природных и антропогенных факторов – СПб, 2010. – 108 с.
23. Знаменская О. М., Романова В. П. Геоморфологическое районирование северного Приладожья и Карельского перешейка // Северо-Запад европейской части СССР. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1966. Вып. 5. – С. 87–102.
24. Нуурд Е. PostGlacial Changes of ShoreLine in South Finland // Bulletin de la Commission geologique de Finlande. 1937. № 120. – 225 с.
25. Знаменская О. М., Черемисинова Е. А. Развитие бассейнов восточной части Финского залива в поздне и послеледниковое время // Baltica. 1974. Vol. 5. – P. 95–104
26. Никонов А. А. Современные движения земной коры. – М.: Наука, 1979. – 183 с.

27. Ядута В. А., Дверницкий Б. Г. Неотектонические аспекты специализированных инженернотектонических и геоэкологических исследований территории Ленинградской области и Санкт-Петербурга // Междунар. конф. «Современные проблемы новейшей тектоники и геоморфологии». 21–23 января 1997 г. СПб., Россия: Тез. докладов. – СПб., 1997. – С. 91–93.
28. Серебрицкий И., Силина И. О проявлении опасных геологических процессов в береговой зоне Финского залива и водотоков Санкт-Петербурга / «Инженерная защита», выпуск №10, - 2015 г.
29. Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (ФЗ от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ)
30. Журавель, Чурсина. Картирование экологической чувствительности для планирования и осуществления защитных мер при разливах нефти. 2001
31. Я.Ю. Блиновская, М.В. Гаврило, Н.В. Дмитриев, В.Б. Погребов, А.Ю. Пузаченко, С.М. Усенков, А.Ю. Книжников, М.А. Пухова, М.Б. Шилин, Г.Н. Семанов. «Методические подходы» к созданию карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов Российской Федерации от разливов нефти и нефтепродуктов. — Владивосток — Москва — Мурманск — Санкт-Петербург, Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2012 — 60 с.
32. Н.В. Чернова. Краткий обзор ихтиофауны Финского залива. Морская Биология.
33. А.А. Максимов. Закономерности межгодовой и многолетней динамики макрозообентоса.
34. Ленинградская область. Природа. / [интернет-ресурс] Большая российская энциклопедия.
35. Ю.Н. Бубличенко. Птицы ООПТ Финского залива [Текст]. – СПбНЦ РАН.