



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская диссертация)

На тему «Геоэкологическая оценка некоторых компонентов природной среды Гутуевского и Канонерского островов»

Исполнитель Савельева Полина Александровна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Кандидат биологических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Рижия Елена Яновна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой 
(подпись)

Кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2024 г.

Санкт-Петербург

2024

Оглавление

Сокращения	4
Введение	5
Глава 1. Прибрежные урбанизированные ландшафты как объекты экологического мониторинга	8
1.1 Экологические проблемы прибрежных городов (отечественный и зарубежный опыт)	9
1.2 Влияние крупнейших морских портов на состояние прилегающих прибрежных территорий.....	13
1.3 Роль почвенного и радиационного контроля для геоэкологической оценки территории.....	19
1.4 Тяжелые металлы	20
1.5 Нефтепродукты в почвах	22
1.6 Радиационное загрязнение территории.....	23
Глава 2. Физико-географическая характеристика прибрежной зоны Невской губы.....	25
2.1 Климат.....	25
2.2 Рельеф	26
2.3 Геологические условия	28
2.4 Растительность, животный мир	28
2.5 Почвы	30
2.6 Функциональное зонирование островов (техноструктура)	31
2.7 Население.....	33
Глава 3. Объекты и методы	34
3.1 Объекты	34
3.1.1 Основные ландшафты островов	38
3.1.2 Почвы	39
3.1.3 Обзор экологической ситуации	41
3.2. Методы.....	45
3.2.1. Тяжелые металлы и нефтепродукты в почвах	46
3.2.2 Радиационное загрязнение.....	52
Глава 4. Полученные результаты и их обсуждение	56

4.1 Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в изучаемых ландшафтах.....	56
4.1.1 Свинец.....	56
4.1.2 Кадмий.....	58
4.1.3 Цинк.....	60
4.1.4 Медь.....	61
4.1.5 Никель.....	63
4.1.6 Хром.....	65
4.1.7 Нефтепродукты.....	66
4.2 Оценка уровня химического загрязнения.....	67
4.3 Результаты измерения радиационного фона.....	70
Рекомендации.....	73
Выводы.....	75
Заключение.....	77
Список используемой литературы.....	79
Приложение А – Карта Невской губы.....	86
Приложение Б – Схема Морского порта Санкт-Петербург.....	87
Приложение В – Содержание тяжелых металлов в грунтах Канонерского и Гутуевского островов.....	88
Приложение Г – Содержание нефтепродуктов в грунтах Гутуевского и Канонерского островов.....	92
Приложение Д – Результаты измерения радиационного фона на Гутуевском острове.....	93
Приложение Е – Результаты измерения радиационного фона на Канонерском острове.....	94

Сокращения

ГТС – гидротехнические сооружения

ПДК – предельно допустимая концентрация

МП СПб – Морской порт Санкт-Петербург

МО – муниципальный округ

ТМ – тяжелые металлы

КЗС – комплекс защитных сооружений

ЗСД – Западный скоростной диаметр

УРЗ – участок радиоактивного загрязнения

ООПТ – особо охраняемая природная территория

НДТ – наилучшие доступные технологии

Введение

Геоэкологическая оценка территории подразумевает под собой анализ состояния окружающей среды на определенной территории с учетом географических и экологических особенностей данного региона, а также оценку степени пригодности природно-территориальных условий для жизни и деятельности человека. Геоэкологические исследования основываются на классификации территории и оценке ландшафтов и их компонентов. Анализ качества природной среды заключается в оценке ее состояния от последствий влияния техногенных факторов, что помогает определить степень антропогенного вмешательства на ландшафт и способности противостоять этому. Благодаря дифференциации территории возможно выявить экологически важные особенности ландшафта [28].

Санкт-Петербург – крупный промышленный город со своими индивидуальными особенностями, имеет выход к Финскому заливу, специализирующихся на производстве различной продукции, такой как автомобили, суда, оборудование и машины, однако, как и большинство городов страдает от загрязнения окружающей среды. Состояние здоровья жителей вынужденных проживать в таких условиях, с каждым годом подвергается всё большому риску. Особенное внимание уделяется территориям восточной части Финского залива, вовлеченным в бурное экономическое, индустриальное развитие, ввиду транспортного, промышленного, гидротехнического и жилищного строительства, обусловленного быстрым ростом Санкт-Петербурга и необходимостью восстановления утраченных ключевых советских портов на Балтике. Поэтому из-за необходимости проведения гидротехнических работ в восточной части Финского залива для поддержки работоспособности портовых сооружений в период 1990-2000 гг., экологическое состояние прибрежных экосистем сильно пострадало [21,37].

Острова Гутуевский и Канонерский являются уникальным местом в Санкт-Петербурге в связи с особенностями их исторического развития. Объекты относятся к Кировскому району, считающимся одним из наиболее старых районов города. Большую часть Гутуевского острова занимает морской торговый порт, а оставшаяся часть выделена на промышленную зону и небольшой жилой микрорайон. Расположенный рядом Канонерский остров был закрыт для посторонних почти до конца XX века. В его северной части располагается Канонерский судоремонтный завод, а в южной части до 2016 года располагался крупный полигон бытовых и строительных отходов. Рядом с Канонерским островом соседствует Центральная станция аэрации на острове Белый. Здесь происходит утилизация отходов из канализации и дождевых стоков, которые попадают на станцию из всех центральных районов Петербурга. Еще одна экологическая проблема Канонерского острова – Западный скоростной диаметр. Эстакада дороги расположена на высоте ста метров прямо над жилыми домами, и детскими садами, так что жители вынуждены находиться в условиях постоянного шума, летящих пыли и выхлопных газов [11,1,3].

В целом, для муниципального округа Морские ворота, в который входят объекты исследования, характерны изолированность из-за островного расположения, промышленная ориентация и слабое развитие социальной инфраструктуры.

Для того чтобы отследить тенденцию развития экологической ситуации территории необходимо проводить мониторинговые исследования состояния окружающей среды, в частности одного из важнейших компонентов, к которому относится почва. До настоящего времени серьезной проблемой для территории островов является отсутствие информации о реальных масштабах деградации и загрязнения земель, поэтому данная работа является актуальной. Почвы аккумулируют вредные поступающие компоненты и передают их через грунтовые воды, атмосферу и растения человеку. Главным критерием оценки деградации почв является потеря плодородия и величина ее загрязнения [29].

Актуальность работы также связана с изучением радиационного фона островов и последующим измерением ионизирующих излучений территорий, в связи информацией о расположении в Кировском районе более 16 объектов, использующих в своей деятельности радиоактивные вещества, половина которых находится на Гутуевском острове. Поэтому геоэкологическая оценка территории является важным инструментом для оценки устойчивого развития региона и принятия решений в области охраны окружающей среды

Объект исследования – территория островов Гутуевский и Канонерский.

Предмет исследования – геоэкологическое состояние почвенного покрова и радиационного фона островов Гутуевский и Канонерский.

Цель диссертационной работы – оценить современное геоэкологическое состояние некоторых компонентов природной среды городских территорий Гутуевского и Канонерского островов.

Задачи:

1. Анализ литературных источников по оценке и мониторингу состояния городских территорий
2. Оценка природных, экономических и социальных факторов, влияющих на экологическое состояние территорий Гутуевского и Канонерского островов
3. Анализ почвенного покрова изучаемых островов на содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов.
4. Изучение радиационного фона территорий Гутуевского и Канонерского островов
5. Выявление ареалов экологических проблем островов.
6. Разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки на островах.

Глава 1. Прибрежные урбанизированные ландшафты как объекты экологического мониторинга

Прибрежные урбанизированные ландшафты представляют собой сложные экосистемы, которые состоят из взаимодействующих между собой природными и антропогенными факторами, которые вместе создают уникальные экологические условия. Такие ландшафты являются наиболее густонаселенными городскими регионами мира. Богатство природной среды, экономическая деятельность, стратегическое расположение побережий повышают привлекательность прибрежных регионов. Так, давление урбанизации на прибрежные регионы с течением времени усилилось [49].

Существует множество факторов, которым подвержены прибрежные зоны. В первую очередь они связаны с урбанизацией и антропогенной нагрузкой, именно поэтому они и являются важными объектами экологического мониторинга. Мониторинг же в свою очередь направлен на оценку воздействия урбанизации на окружающую среду, наблюдение за потенциальными экологическими рисками и смягчение их, а также охрану и восстановление нанесенного ущерба и анализе собранных в ходе наблюдений данных. Если развитие городов не реализовывать в балансе с окружающей средой, урбанизация будет продолжать угрожать функционированию экосистем [49].

На данный момент количество городов, территориально расположенных у водных объектов, большое, для многих из них вопрос о состоянии окружающей среды является актуальным. Назначение прибрежных территорий может носить различный характер, например, здесь обычно располагаются здания общественного и административного назначения, жилая застройка или различные рекреационные, а также промышленные объекты, в том числе морские гидротехнические сооружения [4].

Оценивая состояние городских береговых территорий, можно сделать вывод о степени вмешательства человеческого фактора в среду.

Хозяйственная и экономическая деятельность напрямую связана с прибрежными зонами морей и рек, поэтому именно в этих регионах уровень воздействия человека на окружающую среду и ее деградация достигают максимальных значений [4, 43].

Обычно, когда идет формирование крупных портовых городов, большое внимание уделяли именно береговым территориям, потому как именно они имели преимущество в размещении промышленных предприятий для дальнейшего использования водного транспорта [4].

1.1 Экологические проблемы прибрежных городов (отечественный и зарубежный опыт)

Между градостроительным развитием и экологической безопасностью, комфортностью и эстетической привлекательностью городов безусловно прослеживается тесная связь. Прибрежные города характеризуются своим расположением у берега моря, озера или реки. Они притягательны, обычно имеют прекрасные виды на водоем, благодаря чему большинство людей проявляет интерес к городам такого рода. Прибрежные города совмещают в себе обустроенные набережные и различные туристические развлечения. Многие из таких городов занимаются рыбной промышленностью, выловом морепродуктов, например, таким видом деятельности занимаются города Мурманской области. Другие же города могут располагать различными видами водных видов спорта, круизами, прогулками на яхте и другими морскими развлечениями.

Тем не менее прибрежные ландшафты городов обычно первоначально застраиваются объектами жилья и промышленности, инженерно-транспортной инфраструктурой, а потому не всегда используются так рекреационные территории. В результате жители таких городов теряют самое важное - условия здоровой окружающей среды, ведь прибрежные регионы

являются важным связующим звеном между морскими и наземными экосистемами [49,10].

Получается урбанизированные прибрежные ландшафты практически постоянно сталкиваются с рядом экологических проблем, связанных с их расположением на стыке суши и моря. Чаще всего это сказывается на разрушении береговой линии водной эрозией, деформацией берегов. Влияние оказывает и чрезмерный антропогенный прессинг, не учитывающий своего воздействия на состояние окружающей среды, проявляющейся как в постоянных застройках данных территорий, так и в наличии рядом морских сооружений, таких как морские порты.

Помимо деградации ландшафтов выделяется проблема доступа населения к водному объекту и недостаточная благоустроенность территорий вблизи водоемов, которые чаще всего посещаются. Более того прибрежные города часто подвержены климатическим изменениям [4].

Санкт-Петербург является одним из показательных примеров прибрежного города. При изучении всех экологических проблем, с которыми сталкивается Санкт-Петербург выделяются загрязнения воздушного бассейна, почвенного покрова и водных источников. Однако такие проблемы присущи практически всем городам, возникает вопрос, в чем же особенность загрязнения прибрежных территорий. Санкт-Петербург особенно уязвим к последствиям изменения климата, таким как повышение уровня моря, штормовые нагоны и эрозия берегов.

Город омывается водами Финского залива, береговая зона которого (в частности, восточной части) из года в год подвергается все большей, нарастающей нагрузке, связанной с антропогенной деятельностью. То есть особенно страдает Невская губа и прилегающие к ней территории, что можно связать с тем, что побережье пользуется спросом для деятельности, связанной с морским хозяйством [21,29].

Береговая зона, в частности, становится главным объектом влияния множества антропогенных факторов, связанных со строительством и

использованием гидротехнических сооружений (ГТС), особенно портов. Однако вместе с этим береговая зона – это особо ценный природный объект, с высокой чувствительностью к антропогенному вмешательству. На данный момент Кронштадт имеет звание одного из известнейших и крупного морского торгового порта России. Получается природные экосистемы в прибрежной части Кронштадта в последнее время испытывают все большую техногенную нагрузку, из-за чего компоненты экосистем теряют свою устойчивость [22,29].

Другой проблемой, от которой страдают прибрежные города – это активный туризм. Такое, например, встречается в прибрежных городах республики Крым, побережья Краснодарского края, куда люди часто приезжают на отдых. Часто прибрежные города сталкиваются и с проблемами управления отходами из-за большого потока туристов и высокой плотности населения.

Краснодарский край имеет несоответствие между пропускным потенциалом и возникающей нагрузкой на прибрежные зоны отдыха. берегозащитных сооружений становится недостаточно, итогом чего служит размыв пляжных территорий и сокращение их размера. К основным туристическим городам региона относятся Анапа, Сочи, Геленджик, Ейск. Часто возможности прибрежных зон для рекреации не могут полностью удовлетворить постоянно развивающуюся инфраструктуру курортов, которая выражается в возведении санаториев, гостиниц, отелей, объектов общественного питания, развлекательных учреждений и прочих курортных организаций. И как результат такая нагрузка ведет к плачевным последствиям для прибрежных экосистем [32].

Основные экологические проблемы – изменение природной среды, постоянное антропогенное вмешательство к береговым зонам, приводящее к потере биоразнообразия. Следующая проблема – загрязнение окружающей среды промышленными и бытовыми отходами, в частности замусоривание береговых зон туристами, также загрязнение поверхностных вод нефтью и нефтепродуктами, что обусловлено деятельностью крупных морские портов,

и терминалов, занимающихся отгрузкой данных веществ. Работа таких объектов, расположенных вблизи рекреационных зон прибрежных городов снижает степень их привлекательности для отдыхающих [32].

Обращаясь к другим странам, расположенных у побережий, можно увидеть аналогичный ряд проблем. Например, Франция имеет выход к Северному, Средиземному морю, Атлантическому океану, соответственно в ее состав входит множество городов, территориально расположенных у побережий. Многие подвержены береговой эрозии. За последние 50 лет было утрачено около 30 км² земли. Большой части прибрежных районов присущи проблемы природного характера, а именно затопления во время неблагоприятных погодных условий и приливов. Из-за повышения уровня Мирового океана в результате изменения климата происходит разрушение берегов и наводнения. Когда волны разбиваются о берега, они перемешиваются с песком и уносят его с пляжа, который со временем уменьшается. Также большой проблемой является и высокая плотность жилых зданий в прибрежных муниципалитетах. В отдельных городах, при продвижении в сторону океана можно заметить увеличение количество искусственно созданных поверхностей. То есть, такие покрытия на менее чем в полкилометра от берега занимают около 30% суши [50].

Так становится понятно, что проблемы касательные прибрежных городов самые разнообразные. От последствий туризма, до сплошной застройки берегов объектами инфраструктуры и жилых комплексов. Во всех случаях оказывается негативное влияние на окружающие природные ландшафты, тем не менее одной из часто наблюдаемых причин деградации береговых экологических систем является неконтролируемое городское пространственное развитие [49].

1.2 Влияние крупнейших морских портов на состояние прилегающих прибрежных территорий

Морской порт – это территория с размещенными на ней объектами инфраструктуры, которые необходимы для реализации морской хозяйственной деятельности в целях мореплавания, направленного на торговлю.

Влияние морских портов на свои города разнообразно, оно может быть как положительное, так и отрицательное. Положительное влияние в первую очередь связано с экономическими выгодами. Однако, с другой стороны, морские порты являются обширными загрязнителями окружающей среды. Это отражается на всех компонентах, как на водной составляющей, так и на почвенной и воздушной. Особенно заметно их влияние у прибрежных территорий. К негативным аспектам расположения морского порта в городе относится то, что они из-за своего размера занимают значительные участки суши и морской акватории, создавая при этом закрытые зоны, нарушающие городские коммуникации. Более того деятельность морских портов осуществляется круглосуточно и ежедневно. Кроме того, очень часто практика, когда рядом с портами строятся промышленные объекты, такие как нефтехимические заводы или химические предприятия [48].

В общих чертах, к основным негативным воздействиям создаваемыми морскими портами на окружающую среду и прилегающую к нему прибрежную территорию можно отнести следующее:

1. Выбросы вредных веществ в атмосферу. В любом порту во время осуществления своей деятельности все суда, погрузчики на терминалах, а также административные здания выбрасывают в воздух вредные вещества как газообразные, так и твердые. К ним относятся диоксид азота, оксид серы, углекислый газ, взвешивающиеся парниковыми газами, влияющими на потепление климата, а также твердые частицы – пыль, грязь, которые часто

разлетаются на прибрежное и водное пространство при открытом перевалке различных грузов.

2. Загрязнение водных ресурсов. Судоходство негативно влияет на водную акваторию и береговой линии, например, из-за сброса неочищенных сточных вод, нефтепродуктов в ходе разгрузки и погрузки нефтяных танкеров, химических отходов (остатки химических продуктов, содержащихся в резервуарах, и продукта, используемого в операции мойки), балластных вод. Известно, что около 80% разливов нефтепродуктов происходит в акваториях портов. Также, дноуглубительные работы представляют собой источник загрязнения воды. Такие работы необходимо проводить почти ежегодно на нормального функционирования морских портов, так как они делают доступным проход судов, однако при этом дноуглубительные работы могут загрязнять донные отложения и, следовательно, окружающую воду.

3. Загрязнение почвенного покрова. На прибрежной части порта, почва подвергается загрязнению по тем же причинам что и водные ресурсы, а именно из-за сбросов нефти и топлива, разливов химикатов. Все эти вещества волны прибывают к берегу, где они вскоре разносятся по всей площади прибрежных ландшафтов. Так же влияние на грунт могут оказывать кислотные дожди, формирующиеся из-за выбросов углекислого газа и оксида азота от той же деятельности порта. Важно учесть и то, что порты изменяют естественную среду в своих окрестностях, их строительство и работа вызывают береговую эрозию почвы, губит местное биоразнообразие [48,31].

Также порт сильно может навредить прибрежным экосистемам при транспортировке опасных грузов. Часто в портах перегружают с судов опасные грузы, в том числе радиоактивные, и в случае аварии или утечки таких веществ создается ситуацию неконтролируемого поступления загрязнителя в окружающую среду, пострадают в первую очередь прибрежные территории и местное население.

Морские порты достаточно шумная территория. Повышенный шум и вибрация «засоряет» воздушное пространство и отрицательно влияет на

состояние растений, животных и проживающих в непосредственной близости от морского порта людей, а инфраструктура порта: судоходство, краны, контейнеры, грузовые машины, прочие конструкции и их промышленная деятельность негативно влияют на визуальное восприятие таких ландшафтов, а также вызывают посторонние запахи, что также влияет на работников самого порта и жителей прибрежных зон [48,31].

Все вышеперечисленные воздействия на прилегающие прибрежных территории наносят серьезные последствия для здоровья населения любого портового города. Примером влияния крупного морского порта на окружающую среду служит порт в Роттердаме, Нидерланды. Роттердам является одним из крупнейших портовых городов Европы, с грузооборотом 450 млн тонн грузов ежегодно. Основные грузы – нефть и нефтепродукты. Порт ежегодно выбрасывает почти 14 миллионов тонн углекислого газа CO_2 , а это превышает средние выбросы угольной электростанции. Именно поэтому порт является одним из крупнейших загрязнителей в Европе. На втором месте располагается порт Антверпен, Бельгия с выбросами 7,7 миллиона тонн углекислого газа в год, он также выбрасывает оксиды азота NO_x , диоксиды серы SO_2 и твердые частицы [52].

Повсеместно в ходе работы морских судов выбросы составляют 10-15% от антропогенных выбросов от ископаемого топлива. Если судно использует в качестве топлива мазут, в процессе сгорания выбросы серы составят в 150-300 раз выше, а выбросы оксида азота в два раза больше, чем испускаемые вредные вещества грузовых автомобилей, использующие дизельное топливо с низким содержанием серы [31].

Существует и порт, где вред, оказываемый на прибрежные ландшафты минимален посредством применения особенной практики. Речь идет о порте Амстердама, Нидерланды. Порт имеет долгую историю своего существования, еще с 1870-х годов. Это означает, что загрязнение почвы присутствует в различных местах порта. Поэтому пользователи порта обязаны обеззараживать почву в отношении государственных органов в соответствии

с Wet bodembescherming (Закон о защите почвы). Условие, при котором может быть выдана земля, заключается в том, что, когда незастроенная площадка предоставляется для использования, порт Амстердама фиксирует исходное экологическое состояние почвы (включая грунтовые воды) в своих отчетах до предоставления земли. Далее клиент, арендующий территории, обязан вернуть грунт в том же состоянии по истечении срока действия договора. Если территория была загрязнена в процессе эксплуатации, клиент обязан уменьшить содержание загрязняющих веществ до уровня не превышающих фоновых значений. Эта политика сосредоточена на договорных обязательствах пользователей порта по обеззараживанию и восстановлению почвы по отношению к порту Амстердама [51].

Многие порты и местные власти заключают договоры о сотрудничестве для очистки судовых сточных вод. Например, порт Треллеборг, Швеция, и Калундборг, Дания, имеет практику, когда такие воды доставляются прямо с причалов на очистные сооружения. А в морском порту Капельскер, Швеция, управление порта самостоятельно построило станцию очистки сточных вод, на своей территории. Так, акватория и береговая зона остаются чистыми [48].

В Российской Федерации к самым крупным морским портам относят Новороссийск, Усть-Луга, Восточный, Мурманск и Большой порт Санкт-Петербург.

Новороссийский морской торговый порт расположен в северо-восточной части Чёрного моря. Его площадь составляет 65 га, а длина причальной линии 8,3 км. Имеет огромный ряд взаимосвязанный между собой объектов техносферы. Осуществляет работу с такими грузами, как химические, минеральные удобрения, углеводороды, зерно, навалочные грузы. Экосистемы прибрежной территории Черного моря в районе порта испытывает высокую техногенную нагрузку от растущего экспорта нефти и нефтепродуктов и как следствие частых разливов. Помимо этого, другими загрязнителями береговой зоны представлены промышленными и коммунально-бытовыми сточными водами, выбросами с сбросами морского

транспорта и атмосферными осадками впитывающие в себя большинство вредоносных газов.

По границам морского порта Новороссийск работает более 80 хозяйствующих субъектов, каждый из которых вносит негативный вклад в загрязнение окружающей среды. Воздействие на почву и воздух оказывает недоброкачественное промышленное оборудование. Случаются ситуации, когда в порт Новороссийск доставляются вагоны с грузом, со значительным превышением нормы радиационного фона, а при малейшем попадании радионуклидов в почву, они остаются там на большое время из-за долгого периода полураспада некоторых элементов. Растительность Новороссийска страдает от хлорозов и некрозов вследствие влияния попутных нефтяных газов от станции, расположенной на территории порта. Особенно заметно на можжевельниках и соснах, меняющих окраску на оранжевую [26, 27].

Большой порт Санкт-Петербург построен в восточной части Финского залива. Представляет собой многофункциональный хозяйственный объект, в который входит Морской порт Санкт-Петербург, лесной порт «Петролеспорт», их причалы, нефтяной терминал, судостроительный, судоремонтный заводы, морской вокзал и др. Все они располагаются по береговой линии всей Невской губы, поэтому к нему также относятся причалы Кронштадта и Ломоносова.

Говоря конкретно о Морском порте Санкт-Петербург, расположенным на Гутуевском острове, отмечается, что по данным доклада о состоянии окружающей среды Санкт-Петербурга подготовленным комитетом по природопользованию за 2022, около 69% общего объема веществ, которые выбрасываются в ходе работы водного транспорта составляют выбросы судов, заходящих в акваторию Морского порта или постоянно работающие там, т.к. как во время стоянки судов большинство систем не выключается. Суммарное количество выбросов от судов в течение года различается. Больше загрязнение выпадает на май-октябрь, что объясняется, активным движением судов в этот период времени и отсутствием льда. Часто жители сталкиваются

с проблемой оседания на территории острова пыли от разгрузки нефтекокса на трех причалах (№23,25,26), при этом жилые дома находятся от них в 170 м [19].

Так же, как и в Новороссийске МП СПб страдает от повышенного загрязнения нефтепродуктами водного пространства. В Морском канале их значение превышает ПДК в 5 раз. Также превышен уровня содержания цинка в более чем 2 раза. МП СПб активно принимает и перегружает на своей территории кучи металлолома. Опасность заключается в возможности содержания опасных веществ и токсинов в них, способных загрязнить воду, почву и воздух прилегающей территории порта [14].

Из-за высоко близости проживающего населения к данному порту появляются проблемы и эстетического характера, потому как у большинства жителей окна выходят в сторону портового предприятия, более того создается лишний шум из-за постоянной деятельности порта и световое загрязнение в темное время суток.

В целом, с начала 2000-х годов во многих странах Европы появился интерес к улучшению и оптимизации прибрежных территорий больших городов, преобразованию старых портовых зон в удобные многофункциональные районы. Это можно связать с появлением на рынке новых технологий, внедрением автоматизацией некоторых процессов, внедрения концепции устойчивого развития, стремления создать благоприятные условия для жизни населения [17].

Проанализировав примеры, становится очевидно, на данным момент очисткой морских портов, соблюдением законодательства и мониторингом загрязнения занимаются слабо. В каждом из представленных примеров в непосредственной близости от территории морского порта проживают люди, которые ежедневно подвергаются его влиянию.

1.3 Роль почвенного и радиационного контроля для геоэкологической оценки территории

Почвенный и радиационный контроль играют одну из ключевых ролей в оценке территории. Такая оценка дает возможность выявлять наличие и концентрацию различных загрязнителей в почве и в окружающей среде в целом. Загрязнителями могут быть выражены тяжелыми металлами, полициклическими ароматическими углеводородами, пестицидами, нефтепродуктами, радиоактивными веществами. Сбор данных используется для принятия мер по уменьшению или устранению загрязнения и восстановлению экосистем, а также для оценки рисков для здоровья людей и животных.

Почвенный покров является индикатором природных процессов, длившихся долгий период, то есть то состояние, в котором ее можно обнаружить при изучении будет говорить о том, какие источников загрязнения на нее воздействовали за все это время. Это могут быть выбросы от предприятий и автотранспорта, орошение земель загрязненными водами, твердые частицы при добыче и использовании угля, разливы нефтепродуктов [28].

Особое место в системе геоэкологических оценок территорий занимает радиационная безопасность. Об этом гласит Федеральный закон № 3-ФЗ от 09.01.1996 г. «О радиационной безопасности населения». Мониторинг радиационной обстановки обеспечивает радиационную безопасность населения и допустимое состояние природной среды [42].

Радиационный контроль необходим для выявления и фиксации уровня радиоактивного загрязнения различных территорий, которое может возникнуть в результате аварий на ядерных объектах, во время проведения ядерных испытаний, в момент эксплуатации радиоактивных грузов и нарушений их транспортировки. Оценка радиационной обстановки позволяет

своевременно принимать меры по защите населения и окружающей природной среды от негативных последствий воздействия радиации [34].

Так, сбор данных по содержанию почвенных загрязнителей и радиоактивных частиц в природной и городской среде, дает представление о геоэкологической оценке территории и имеют большую роль для обеспечения экологической безопасности.

1.4 Тяжелые металлы

Загрязнения почв тяжелыми металлами на данный момент является одной из наиболее актуальных проблем в связи постоянным увеличивающимся количеством источников поступления этих металлов. Тяжелые металлы представляют собой некоторую группу опасных химических элементов, с атомной массой больше 50. Они с легкостью попадают на поверхность или вглубь почвы из различных слоев биосферы, а потому являются приоритетным загрязняющим веществам для изучения состояния окружающей среды.

В настоящий момент почва приобретает все большее значение для человеческого существования. В ней протекают разные физические, химические и биологические явления, которые в результате загрязнения нарушаются. От состояния почвы зависят многие процессы, происходящие в экосистемах, их функционирование и дальнейшее существование, а также это влияет и на здоровье населения, проживающего на подверженных загрязнению территориях [38].

Основные загрязнения происходят от антропогенного влияния, так как начиная с момента появления различных промышленных предприятий, автомагистралей, железнодорожных путей, жилых строений, стало заметно ухудшение состояние почвенного покрова. Почву считают главной средой, куда попадают все тяжелые металлы, это связано с тем, что она имеет тесную

связь с различными экологическими системами – атмосферной, гидросферой и растительным миром. Эту связь можно проследить из схемы на рисунке 1.



Рисунок 1 – Пути распространения загрязняющих веществ тяжелых металлов

Что касается урбанизированный ландшафтов, то очевидно, что на искусственный почвах содержание тяжелых металлов будет довольно высоким, в связи с близким нахождением промышленных зон.

Самыми опасными для экосистем тяжелыми металлами являются следующие металлы, представленные в таблице 1.

Загрязнение такими металлами кардинально изменяет основные свойства почвенного покрова. Почвы не могут иметь бесконечную защитную буферную способность, поэтому она довольно быстро утрачивается из-за неправильного и нерационального пользования землей. При высоких концентрациях тяжелых металлов в почве нарушаются физические и химические свойства. Разрушается почвенный поглощающий комплекс, изменяется структура почвы [20].

Таблица 1 – Классы опасности (токсичности) элементов

Класс опасности	Элементы
I (высоко опасные)	Свинец (Pb), кадмий (Cd), цинк (Zn), мышьяк (As), бериллий (Be), ртуть (Hg), олово (Sn), фтор (F)
II (умеренно опасные)	Хром (Cr), кобальт (Co), молибден (Mo), никель (Ni), медь (Cu), сурьма (Sb)
III (мало опасные)	Барий (Ba), ванадий (V), вольфрам (W), марганец (Mn), стронций (Sr)

1.5 Нефтепродукты в почвах

Нефтепродукты представляют собой продукты, полученные из переработки сырой нефти, такие как бензин, керосин, дизельное топливо и масла. Они содержат нефтяные углеводороды, обладающие различными свойствами в зависимости от количества атомов углерода в их молекулах [47].

Отмечается значительная антропогенная нагрузка на почвы нефтью и нефтепродуктами. Изо дня в день происходит накопление их концентраций почвенным покровом городов. Почвы, которые пропитались нефтепродуктами называются интрузёмом. Их образование связывают с чрезмерной антропогенной деятельностью, связанной как правило, с использованием нефтепродуктов в различных промышленных целях. Например, использование техники, автозаправочных станций, автомобильных стоянок, влияет и работа ТЭЦ, котельных. Также загрязнители аккумулируются в результате сжигания нефтепродуктов, угля, битумов, газа или из-за аварийной ситуации на транспортных системах [24].

Нефтепродукты оказывают негативное воздействие на физические, химические и биологические свойства почвы, что в дальнейшем влияет на содержания органики и нарушает соотношения углерода, азота и фосфора. В

качестве негативных последствий выступает ухудшение плодородия почвы, следом за этим угнетение растительных сообществ вплоть до их полной гибели, а также формируются миграционные потоки, что в дальнейшем затрагивает всю экосистему. Также нефтепродукты могут просачиваться в грунтовые воды и загрязнять их, что приводит к возникновению экологических проблем и угрозе здоровью людей, пользующихся водой. Более того контакт напрямую с пропитанной нефтепродуктами почвой вызывает у людей болезни дыхательной системы, кожи и пищеварительного тракта [12].

1.6 Радиационное загрязнение территории

Одним из факторов экологически чистой окружающей природной и городской среды является радиационная безопасность.

Радиационное загрязнение территории – это присутствие радиоактивных веществ техногенного и природного происхождения на поверхности или внутри материала, которое приводит к облучению населения в индивидуальной дозе более 10 мкЗв/год или коллективной 1чел.-Зв/год.

Источники излучений представляют собой атомы некоторых элементов, называемые радионуклидами. Как было отмечено ранее, источники поступления радионуклидов в окружающую среду бывают двух типов: естественные и искусственные (техногенные). Естественные источники облучения разделяются на внешние, то есть приходящие из вне и формирующиеся от источников земного происхождения и космического, и внутренние, попадающие в организм человека через воду, пищу, воздух или открытую рану. Считается что внутренняя доза облучения в 2 раза выше, чем внешняя [41].

Техногенными источниками, усиливающими радиационный фон территорий считаются: производство и испытания ядерного оружия, топливный ядерный цикл, источники в медицине (например, рентгеновские аппараты или лучевая терапия), сжигание угля (образуется зольная пыль),

термальные водоемы, добыча фосфатов, а также аварии на объектах, взаимодействующих с опасными радионуклидами.

Практически у всех радионуклидов период полураспада занимает большой промежуток времени. Самыми распространенными считаются ^{40}K , радионуклиды ^{238}U , ^{232}Th и их рядов, а также поступающие из воздушной среды на землю ^3H , ^{14}C и ^7Be , ^{22}Na . Отдельная роль выделяется радиоактивному радону Rn , содержащийся в некоторых строительных материалах (бетон, гранит, пенза), а также в фосфогипсе, кирпиче из красной глины. Но главный его источник – это грунт.

Распад радионуклидов, обуславливающие радиоактивное загрязнение, сопровождается ионизирующим излучением. Различают α -, β - и γ - распады, все обладают разной проникающей способностью, а потому различаются по воздействию на живые организмы. Например, гамма-излучение пронизывает тело человека насквозь, в то время как от альфа-излучение не может проникнуть даже под кожный покров (исключение - открытая рана) [34,41].

Любой человек в настоящее время испытывает на себе радиационное излучение разного происхождения. Чувствительность различных органов и тканей человека к ионизирующему излучению неодинакова [38].

Прибрежные территории могут испытывать на себе радиоактивное загрязнение в следующих случаях: неправильная транспортировка радиоактивных грузов, наличие производств, использующих в своей деятельности радионуклиды, присутствие ТЭЦ, использующей в качестве топлива уголь, установка гранитных набережных вдоль берегов.

Глава 2. Физико-географическая характеристика прибрежной зоны Невской губы

Административно Невская губа расположена на территории Ленинградской области и городе Санкт-Петербург в восточной опресненной части Финского залива. Длина достигает 21 км, а максимальная ширина – 15 км. Площадь водного пространства составляет 329 км² [21,37,22].

В приложении А представлена наглядная карту расположения Невской губы и ее составляющих. Западной границей Невской губы и восточной части Финского залива является Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС), проходящий через остров Котлин (Кронштадтский район СПб). С востока естественная граница Невской губы представляет собой бар реки Невы, являющейся собой системой отмелей. Здесь губа упирается в такие острова как Крестовский, Васильевский, Гутуевский, Канонерский. Административно это Кировский, Василеостровский и Петроградские районы СПб. На северном побережье Губы находятся населенные пункты и парки. Здесь можно встретить посёлок Лисий нос, МО Лахта-Ольгино, а также природный заказник «Северное побережье Невской губы» в Приморском районе Санкт-Петербурга. На южном берегу чередуются такие внутригородские МО, как Ломоносов, Петергоф и Стрельна, относящиеся к Петродворцовому, Ломоносовскому и Красносельскому району города и заказник «Южное побережье Невской губы» [44].

2.1 Климат

Климат всего побережья Невской губы носит примерно одинаковый характер и является умеренным с избыточным увлажнением, его также можно описать, как средний между морским и континентальным. Главное влияние на такой тип климата оказывает Балтийское море и Атлантический океан. Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах 4,8–6,3°С, в

зависимости от района. Самым холодным месяцем считается февраль со средней температурой $-5,2^{\circ}\text{C}$, жарким – июль с температурой $17,1^{\circ}\text{C}$.

Среднее годовое количество осадков составляет примерно 500-650 миллиметров. Активность циклонической деятельности – главный фактор выпадения осадков, при этом выпадают они неравномерно: более половины выпадений случаются в теплый период (май-сентябрь), остальная часть в холодный (октябрь-апрель). Скорость ветра в среднем за месяц составляет 3–7 м/с, при этом осенью и зимой она обычно больше. Среднее годовое число пасмурных дней находится в пределах 190-220 [22,39].

В первую очередь такой климат относится к районам города, приуроченные к северному, южному и восточному побережью Невской губы. Немного отличается западная граница Невкой губы, в связи с ее островным расположением. Для острова Котлин острова характерна частая смена направления движения воздушных масс из-за деятельности циклонов. Для лета часто встречается явление западных и северо-западных ветров, а для зимнего времени – западных и юго-западных [44].

2.2 Рельеф

Акватория Невской губы имеет малые глубины, которые не превышают 5–6 м, поэтому она является наиболее мелководной составляющей всего Финского залива. Однако имеются и более глубокие участки, выкопанные людьми для обеспечения работы, судоходства, ГТС, портов и др. Дно в большей степени песчаное [21,37].

Донный и береговой рельеф Невской губы равнинный, с видимыми признаками эрозии, различного происхождения – водной, ветровой и биогенной, и заметным влиянием техносферы, так как за весь период своего существования береговая зона постоянно испытывала антропогенную нагрузку, постепенно меняющую ее строение. Например, строительство

Кронштадтской военно-морской крепости, активное морское судоходство, образование насыпных территорий, берегоукрепления. Из-за чего побережье стало терять свой первоначальный вид и ландшафтную устойчивость [39].

На рисунке 2 можно увидеть карту высот всего побережья Невской губы



Рисунок 2 – Карта высот побережья Невской губы

Как видно из рисунка северный берег губы представляет собой низменную равнинную территорию, рельеф в некоторых местах выражен небольшой холмистостью. Зона Приморского района попадает в пределы Приморской террасы, границы которой на севере упираются в Коломяжским уступ и Парголовскую возвышенность. Участок побережья на северо-востоке занимает котловина, представляющая собой неглубокое озеро, именуемое Лахтинским разливом.

Южное побережье от МО Ульянка до МО Стрельна также низкое, а к западу от Стрельны становится более высоким. Восточная часть губы, а именно сам Санкт-Петербург почти весь расположен на плоской низкой равнине. На данный момент рельеф города уже не является первоначальным, так как своей влияние оказали работы по намыву и насыпи территорий [29].

Мало внимания уделяют берегоукреплению прибрежных территорий Невской губы. Если идти с северного побережья обнаруживаются области с проблемными, критическими и опасными условиями в контексте естественного формирования рельефа, осадконакопления и обеспечения экологической безопасности. Выражается это в слишком долгом сроке эксплуатации берегозащитных сооружений, их разрушении и размыве, например это заметно на Канонерском острове или в Ломоносовском районе, где большая часть береговой линии размывта, покрытая зарослями, загрязнена и состоит из конструкций произвольного берегоукрепление [39].

2.3 Геологические условия

Геологические условия побережья Невской губы формировались в результате действия различных аккумулятивных, денудационных и других внутренних процессов на протяжении долгого периода времени. Невская губа расположена на стыке двух тектонических массивов – Балтийского кристаллического щита и северо-западной части Русской плиты.

Возникновение Невской губы и ее береговой зоны представляет собой процессы образования рыхлых отложений и рельефа. Все побережье Невской губы лежит на Литориновой террасе, затопляемой в период наводнений. Верхняя часть геологического разреза северного берега Невской губы сложена четвертичными отложениями, которые состоят из ледниковых образований, флювиогляциальных осадков, озерно-ледниковых образований, озерных и морских осадков, аллювиальных отложений и торфяников [40].

2.4 Растительность, животный мир

С разных сторон акватории растительность и животный мир отличаются слабо, разве что в восточной части Невской губы сохранилось меньше всего зеленых зон, в силу интенсивной застройки и большого количества

проживающих. Многие из них искусственно высажены. На остальных частях побережья преимущественно произрастает естественная растительность.

На береговой линии побережья встречаются тростниковые и камышовые заросли и болотные массивы с соответствующей им растительностью, такой как рогоз, мох сфагнум, осока, пушица клюква и др. Близ воды на пляжах встречается шиповник морщинистый, колосняк песчаный, хвой полевой. Выше произрастают ландшафты южной подзоны тайги – множество хвойных сосново-еловых лесов, а также встречаются черноольховые, березовые леса, ивняки и различные луговые сообщества. На участках старинных парков встречаются смешанные и лиственные леса с широколиственными породами деревьев, такими как дуб, клён и липа. Луговая растительность представлена также различными видами – иван-чай, тысячелистник, дудник лесной, ежа сборная, подорожник.

На примыкающих к Невской губе территориях обитает около 68 видов млекопитающих. Как и в случае с растительностью на восточных берегах, животных, кроме птиц, можно почти не встретить. Особенно это касается Канонерского, Гутуевского, Васильевского островов. Для остальных территорий Невской губы наиболее характерные представители животного мира это – белка, крот, волк, лось, куница, заяц, кабан, лиса, мелкие грызуны, а у водоемов чаще всего обитают ондатра и бобр. Также на территорию занимают некоторые пресмыкающиеся и земноводные, такие как обыкновенный уж, гадюка, медянка, серая жаба, травяная лягушка и живородящая ящерица.

Невская губа богата обилием птиц. Здесь обитает более 120 видов птиц. Чаще встречаемые: кряква, серебристая чайка, баклан, ласточка, зяблик, пеночка-теньковка, дрозд-рябинник, серая славка, голубь, большая синица, серая ворона, пестрый дятел [22, 44].

2.5 Почвы

На территории Невской губы, как и на всей Ленинградской области заметно преобладание слабо и среднеподзолистых почв. Данные почвы обладают высокой кислотностью, а содержание гумуса в них крайне мало. Ближе к восточному побережью – встречаются торфяные и болотные почвы. Образование приурочено к равнинным участкам и низинам при слабом поглощении почвы атмосферных вод, и низкой испаряемости, из-за чего вода застаивается на поверхности. Иногда такие почвы могут сформироваться из-за высокого уровня залегания грунтовых вод. На северном побережье около Лахтинского разлива сохранились именно такие почвы.

Почвообразующие породы на территории Невской губы представлены глинами, суглинками, песками и торфом, ближе к берегам преобладают намывные отложения, выглядят как слоистые накопления аллювия [6].

В основном в Санкт-Петербурге естественные почвы скрыты под горизонтами асфальта, мелкозема песчано-супесчаного или легкосуглинистого, строительного мусора. Такие горизонты носят название урбостратоземов, иногда они состоят полностью из бытового мусора. Только в лесах и парковых зонах можно обнаружить почвы с ненарушенным строением, а также частично их можно найти на отдельных участках парковых зеленых зон на побережье Ломоносовского и Петродворцового районов, где у берегов сохранены серогумусовые иллювиально-ожелезненные, темногумусовые глеевые почвы. В Приморском районе на северном берегу идет преобладание серогумусовых и торфяно-глеевых почв. Далее от берега на песчаных отложениях среди хвойных лесов располагаются подзолы. В Кронштадте в заказнике «Западный Котлин» встречаются такие естественные почвы, как серогумусовые и перегнойно-глеевые. В остальных частях города почвы интродуцированы [8].

Главное отличие антропогенных почв от естественных заключается в их гетерогенном составе и строении. В искусственные почвах встречается

множество включений различного размера и объема. Также в таких почвах присутствуют геохимические барьеры, сильно различающимися показатели водопроницаемости, теплопроводности и водоудерживающей способности. В парках и лесопарках города часто используют чужеродные почв, созданные рукой человека из заимствованных материалов естественных почв [6].

Роль почв в современном технологичном мире крайне важна. Почвенный покров выполняет санитарную функцию, из-за чего поступающие в почву вещества органического происхождения минерализуются, происходит разрушение нефтепродуктов и других загрязнителей, снижается активность бактерий. Однако если загрязнителя слишком много, что является частым явление в настоящий момент, почва не справляется и теряет все свои полезные функции, включая плодородие.

2.6 Функциональное зонирование островов (техноструктура)

Отдельно стоит отметить острова входящие в состав Невской губы и их функции. Речь пойдет конкретно о островах Крестовском, Васильевском, Котлин, Гутуевском и Канонерском.

Воздействие на дно Невской губы и ее берега берет начало с основания Санкт-Петербурга. В основном побережье островов Невской губы испытывают антропогенную нагрузку. Как только был построен Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС), проходящий через остров Котлин, Невская губа превратилась во внутреннюю морскую бухту целиком подверженной техногенной нагрузке [21,37,44].

На протяжении своего существования в Невской губе активно велись гидростроительные работы: строились портовые комплексы в Кронштадте и на Гутуевской острове, возникало множество искусственных насыпных прибрежных территорий со стороны Васильевского острова, ежегодно проводились дноуглубительным работы каналов и судоходных путей. Говоря более конкретно, на территориях в Невской губе построены следующие

объекты техноструктуры – Большой порт Санкт-Петербурга. Он имеет в своем распоряжении более 60 причалов: морского, торгового, лесного и речного портов, а также причалы, относящиеся к нефтяному терминалу, причалы различных заводов, морского и речного пассажирского вокзала и причалы Кронштадта, Ломоносова [22].

Кроме того, остров Котлин является современной городской и промышленной агломерацией. Через территорию проходит кольцевая автодорога, потому остров подвержен загрязнению тяжелыми металлами.

Из крупных инфраструктур на Крестовском острове, выделяется стадион «Газпром-Арена», парк аттракционов «Диво-остров», концертно-спортивный комплекс «Сибур Арена», другие различные центры и рестораны. Большую часть острова занимает Приморский парк Победы.

На побережье Васильевского острова располагается Морской вокзал, множество объектов жилой, социальной, инженерной и транспортной инфраструктур и улично-дорожной сети строящихся на намытой западной территории острова.

Гутуевский и Канонерский известны наличием у их береговой территории Морского порта Санкт-Петербург, а также судостроительного завода, комплекса очистных сооружений, и кучей мелких промышленных зданий. Вдобавок, над всеми островами прилегающим к восточной части Невской губы, проходит Западный скоростной диаметр (ЗСД), являющийся источником активного загрязнения природной среды от автомобильных выхлопов и шума.

Все эти техносферные объекты в той или иной степени вредно влияют на состояние прибрежных зон, создают загрязнение почв, воздуха и водной акватории, а все большее антропогенное вмешательство изменяет естественные ландшафты, вызывая стрессовое воздействие. Так, на островах Невской губы встает проблема равновесия между хозяйственной деятельностью и охраной окружающей среды. Геоэкологическая оценка состояния островов Невской губы в результате влияния техногенных

процессов является важным компонентом оценки степени влияния человека на окружающую среду [21,37,22].

2.7 Население

Проживание вдоль береговой линии всегда являлось приоритетным выбором для многих людей, в связи с доступом к водному объекту и прекрасных видов. У жителей восточной части Финского залива есть такая возможность, а потому большинство побережий материка и островов имеют на своей территории жилищные комплексы. Однако не всегда это носит положительный характер, из-за расположения на таких территориях технических объектов, наносящим вред как проживающим, так и природной среде, потому как хозяйственно-экономическая активность здесь максимальна.

Население Кронштадта на острове Котлин составляет 44414 человек с плотностью порядка 2129 человек на 1 км². Самый крупный из островов Невской губы по количеству жителей – Васильевский, численность составляет 206680 человек, а плотность 9659 человек на 1 км². На Крестовском острове численность составляет 20119 человек. Плотность 3074 человека на 1 км². Муниципальный округ затрагивает большую территорию, помимо самого острова.

Численность населения МО Морские ворота, который относится к территории Канонерского и Гутуевского островов, на 2023 год составляло 10582 человека. Население островов было сформировано преимущественно работниками Канонерского судоремонтного завода и Морского порта. На данным момент плотность населения составляет 1326 человек на 1 км² [35].

Глава 3. Объекты и методы

Объектами исследования являются восточные острова Невской губы Гутуевский и Канонерский, состояние их почвенного покрова на предмет наличия тяжелых металлов, а также радиационная обстановка территорий. Острова являются малоизвестными районами Санкт-Петербурга, занимающие достаточно низкую позицию в иерархии городского пространства. Большинство населения считает, что территория обладает недостаточным благоустройством со слабо развитой инфраструктурой и высокой степенью загрязненности.

3.1 Объекты

Гутуевский остров расположен в восточной части Невской губы, омывается рекой Нева с северной части, рекой Екатерингофка с востока и Морским каналом с запада. До начала XVIII века состоял из островов – Витсаари (Кустарничковый остров) и Аллайсаари (Нижний остров). Но в середине века был куплен купцом К. Гуттуевым, за что и получил свое название, после чего остров стал часто подвергаться изменениям своего очертания, перестал быть заброшенным, затем постепенно начала возрастать промышленность. А именно началом развития острова считают перенос на данную территорию в конце XIX века торгового флота из Кронштадта и сооружение Морского канала [42].

В конце XIX века с целью расширения городской территории в западной части СПб начали создавать намывные участки – были засыпаны некоторые рукава дельты Невы, благодаря чему соединились острова Гутуевский, Вольный и Большой Резвый [9].

На сегодняшний день остров имеет площадь 320 га, длину 3,8 км, ширину 1,2 км. С Канонерским островом соединяется подводным тоннелем

проходящем под Морским каналом, а с остальной частью города через мосты Гутуевский и Екатерингофский [1,17].

Острову уделяют мало внимания и считают отчужденным районом города, однако это не совсем так. На территории расположены следующие крупные инфраструктурные объекты: Морской порт «Санкт-Петербург», лесной порт «Петролеспорт», относящиеся к Большому морскому порту, автозаправочная станция «Лукойл» и проходящий над островом ЗСД. Все они являются активными источниками загрязнения острова.

Более того большую часть южной территории острова занимают небольшие объекты: предприятия по приему, скупке и обработке металлолома, например «Интермет», «Тех-рост», «Металл Воркс», «Дивизион», автосервисы «Сто Дукато», шиномонтаж «Revcар», предприятие «Ленгаз», автомойка и прочие небольшие объекты, занимающие труднодоступные территории. Работа данных объектов также влияет на состояние окружающей среды.

Несмотря на то, что остров носит промышленный характер и находится на окраине города, на нем расположено несколько улиц: Двинская, Шотландская, Гапсальская, Невельская, Межевой канал и набережная реки Екатерингофки. Двинская улица является главной улицей острова, проходящей от набережной до Канонерского тоннеля, с более чем 20 жилых домов. Помимо домов на острове расположены бизнес-центры «Балтийский морской центр» и «Балтика», детский сад №69, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, церковь Богоявления, филиал поликлиники № 23, аптека «Невис», отделение почты, гостиница «Аннушка», «Балтийская» и «Канонерка» и продуктовые магазины с кафе. Поэтому нельзя назвать это место полностью промышленной зоной, где никто не живет и отсутствуют объекты социальной значимости.

Канонерский остров находится на юго-западной границе дельты Невы. С восточной части отделяется от Гутуевского острова Морским каналом, с запада омывается водами Финского залива. Старые названия острова –

Киссансаари (Кошачий остров), а после – Батарейный, из-за того, что на нем располагался артиллерийский полигон, направленный в сторону залива. Позже был назван Канонерским, где «канонер» или «канонир» от французского означало «пушкарь». До появления Морского порта здесь находился учебный полигон. До открытия тоннеля в 1985 году остров был закрыт от города, попасть сюда можно было лишь по водному пути. Доступ на остров осуществлялся только по пропуску из-за расположенного рядом порта. После постройки тоннеля остров стали заселять новые жители [2].

Протяженность острова составляет приблизительно 5 км, ширина около 400-500 м. Численность населения примерно 5 тысяч человек. Канонерский остров соседствует с Гутуевским островом и островом Белый, где размещен крупнейший комплекс канализационных очистных сооружений Петербурга – Центральная станция аэрации.

Из объектов инфраструктуры на острове присутствуют – Северный кузнечно-механический завод, Канонерский судоремонтный завод, основанный в 1883 году. Они занимают всю северную часть территории. Далее располагаются детский сад № 74, школа № 379 и даже конный клуб «Морской конёк». На острове есть одна главная улица, расположенная с востока острова – это Путиловская набережная вдоль Морского канала, жилых домов немного, около 10-ти. С середины острова начинается "Гаражный кооператив" и склады. Здесь же располагается Соевый завод. Остальную южную часть острова занимает Канонерский парк, заканчивающийся песчаной косой.

С западной стороны острова есть пляжи с открытым доступом к воде, чем не могут не пользоваться жители и туристы, однако их отдых часто наносит экологический ущерб территории в виде мусора, загрязнения почв и залива. Также как и над Гутуевским проходит Западный скоростной диаметр, однако если в первом случае он проложен в нежилой части острова, то на Канонерском острове ЗСД расположен прямо над жилыми домами [17, 9].

На рисунках 3 и 4 представлены карты территорий исследуемых объектов с 1824 года и на настоящий момент.



Рисунок 3 – Карта территории Гутуевского и Канонерского островов 1824 года

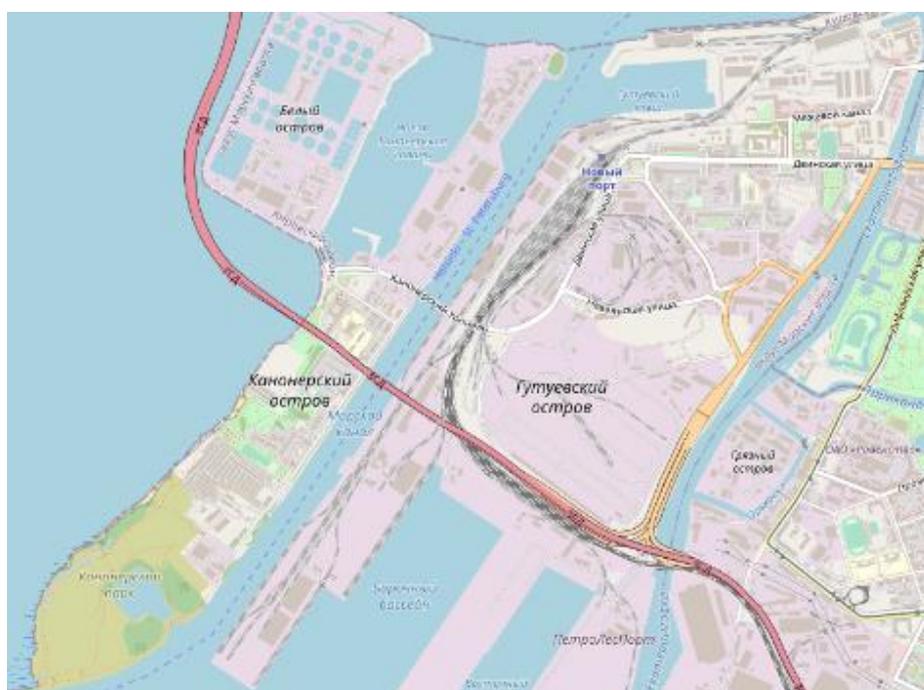


Рисунок 4 – Карта территории Гутуевского и Канонерского островов 2024 года

3.1.1 Основные ландшафты островов

Хотя Гутуевский остров и считается по большей части промышленной территорией, на нем в полной мере сохранилась объемно-планировочная структура, характерный природо-искусственный ландшафт, присутствует стилистическая уравновешенная застройка, очертание береговых линий, средневозрастные деревья, уникальные панорамы из-за близости реки Екатерингофки и Финского залива. Эти пространственные характеристики определяют важную роль острова [17].

До 2012 года набережная реки Екатерингофки представляла собой обширный и длинный глинистый берег, заросший кустарником и деревьями. Являлась самой зеленой частью острова. Но вскоре эта зона была реконструирована в связи со строительством ЗСД. Набережную сократили до Шотландской улицы, а участок набережной южнее нее стал частью ЗСД. Также на острове много засыпанных каналов и рек, таких как Межевой канал, река Резвая или Сельдяной канал. Рельеф равнинный без значительных перепадов, подход к заливу ограничен [4].

Что касается Канонерского острова то, как было сказано ранее, треть территории приходится на Канонерский судостроительный завод, небольшое пространство на общественно-жилую застройку, а остальное занимает Канонерский парк. В начале парка встречаются гаражи, небольшие постройки. Проходя дальше, открывается вид на сам парк. Представляет он собой в основном большое луговое поле с естественной растительностью и сетью мелких вытопанных тропинок. Дикой береговая линия отделена зарослями кустарника. На территории также расположено искусственное озеро, а заканчивается парк косой, тянущейся на несколько километров к югу. Она является укрепленной каменными блоками дамбой, служащей границей между заливом и Морским каналом [7].

Как таковых перепадов высот на островах нет. Высота колеблется в пределах 6-8 м над уровнем моря, у пляжных зон 2-5 м.

3.1.2 Почвы

Большинство почв на Гутуевском острове представлены интродуцированными сурогумусовыми и урбослоисто-гумусовыми с непочвенными образованиями. Естественные почвы на территории острова не сохранились, потому как давно были погребены под насыпными слоями и представлены урбистратоземом. Естественные почвы залегают под глубиной антропогенной толщи. На рисунке 5 представлена стратиграфия бортов одного археологического шурфа на Гутуевском острове.

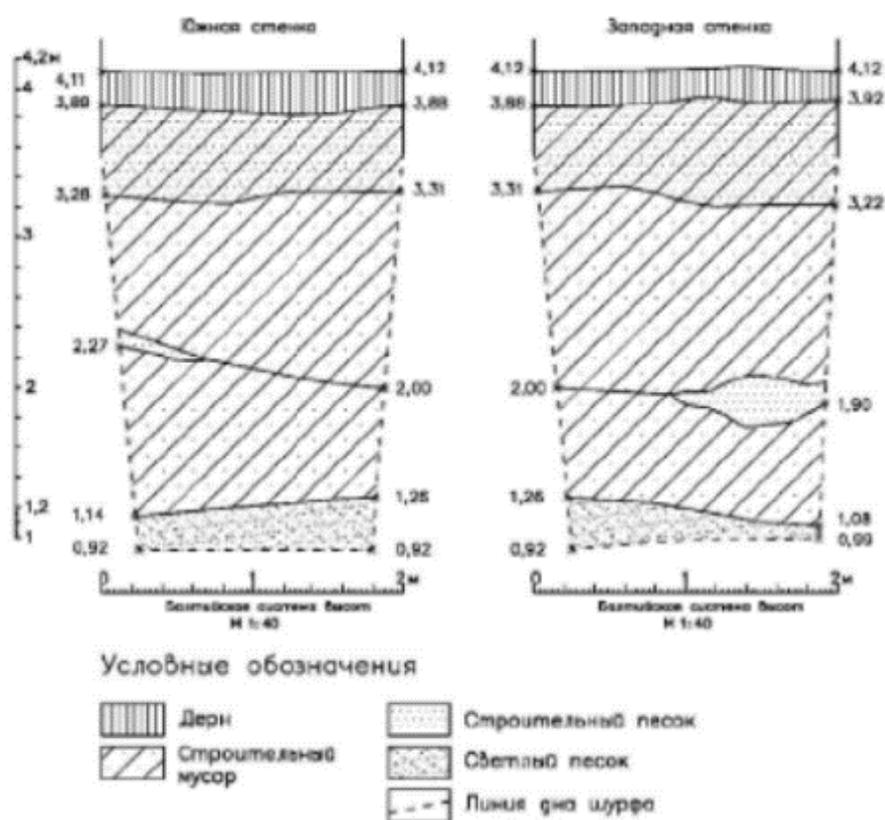


Рисунок 5 – Стратиграфия бортов шурфа на Гутуевском острове по адресу ул. Двинская, участок 140.

Из рисунка видно, что слой дерна составляет около 0,25 м, а большую часть почвенного разреза занимает строительный, бытовой мусор и

строительный песок мощностью 1,17 м. Известно о залегании в профиле переотложенной пылевой серой супеси и светлого переотложенного намывного песка потому сложно сказать об первоначальном составе почвенного горизонта острова. Обобщая вышесказанное, на данном участке выявлены насыпные техногенные грунты мощностью более 3 м представленные переотложенными слоями подсыпок, образовавшиеся, вероятно, в результате повышения и нивелирования уровня дневной поверхности Гутуевского острова.

Почвенный покров Канонерского острова имеет фрагментарный характер. Среди почв также встречаются интродуцированные серогумусовые урбислоистые почвы [3,6]. Для подтверждения информации, был выполнен выезд для заложения почвенного разреза. Результат на рисунке 6.



Рисунок 6 – Почвенный разрез на Канонерском острове (а – смотровая стенка почвенного профиля, б – выкопанный строительный и бытовой мусор)

Размер выкопанного разреза составил 60 на 40 см, глубина 65 см. Почвенный профиль выглядит следующим образом: слой дерна составляет около 7-ми см, далее ниже идет серогумусовый элювиальный слой мощностью 42 см, с множеством включений, и еще ниже располагается элювиально-железистый слой с присутствием глеевых пятен мощностью 16 см.

В процессе заложения встречались большое количество строительного мусора: битые кирпичи, галька, куски асфальта, стекла, гвозди, железные скобы, арматура, пластиковая бутылка (рисунок 6 б). Данные находки могут лишь подтвердить нахождение здесь ранее свалки отходов и отсутствием естественно сохранившихся почв.

3.1.3 Обзор экологической ситуации

Большинству граждан неизвестно о существовании данных островов, потому как таким местам правительство не уделяет должного внимания, им приписывается мало «капиталов», т.к. оно связано с многочисленными проблемами в том числе экологическими. Жители СПб видят острова не как часть города, а как его окраина, а потому проблемам состояния окружающей среды уделяют крайне мало внимания, а потому и информации о экологическом мониторинге островов нет [1].

Сами по себе объекты располагаются в Кировском районе, который в свою очередь носит репутацию одного из районов с самой неблагоприятной экологической ситуацией. Примерно 18 % общегородских выбросов вредных веществ приходится на данный район. В нем сосредоточено большое количество производств, которые нуждаются в постоянном транспортном обеспечении, что вызывает постоянную перегруженность транспортных магистралей. Как итог на территории района атмосфера и почва страдает от постоянных выбросов [23].

Вопрос экологического состояния островов стал особенно актуален в связи с усиливающимся антропогенным воздействием от крупных

предприятий, которые продолжают изменять естественные ландшафты, оказывая тем самым стрессовое воздействие на окружающую природную среду. Она постоянно подвергается все возрастающему техногенному воздействию, уровни которого на различные компоненты экосистем зачастую достигают критических значений, приводящих к потере их стабильности и устойчивости [29].

Несмотря на изолированность островов, ветра здесь очень часто приносят твердые частицы и выбросы, образующуюся от работы предприятий материковой части города. Кировский район беден на количество территорий, выделенных под зеленые насаждения. Большинство можно встретить в южной части района, в то время как в северной части зелёных зон практически не найти. На изучаемых объектах зеленые зоны представлены лишь увядающим Канонерским парком, небольшой зоной вдоль реки Екатерингофки и специально высаженными небольшими участками во дворах. Такую скудную растительность можно объяснить состоянием почв, утратившим своё плодородие из-за постоянной антропогенной нагрузки [1].

Раннее проблема транспортной нагрузки на островах была невелика, а загрязнение атмосферы выбросами топлива и последующего выпадения в почву было незначительно, однако ситуация поменялась после строительства здесь участка ЗСД [29].

Наряду с проблемами принадлежности островов к крупному городу Канонерский и Гутуевский остров испытывают нагрузку от МП СПб. В приложении Б отображена структура порта. Стоит подчеркнуть, что южнее Гутуевского острова в непосредственной близости расположены Петербургский нефтяной и контейнерный терминал, чья деятельность также накладывает свой след на состояние почвогрунтов изучаемых островов.

Потому как ежегодно грузооборот порта растет, увеличивается и количество судов, и частота их прибытия в порт, следовательно объем выбросов, пыли становится все более критическим. В таблице 2 представлена динамика грузооборота порта

Таблица 2 – Грузооборот Морского порта Санкт-Петербург за 2020-2022 г.

Специализация	Грузооборот тыс. тонн за 2020 г.	Грузооборот тыс. тонн за 2021 г.	Грузооборот тыс. тонн за 2022 г.	2022 г. в %% к 2021 г.
Всего:	9 224,4	9 160,0	9 565,7	104%
Навалочные:	806,9	1 105,4	1 370,7	124%
Руда	142,6	91,6	177,9	194%
Уголь, кокс	7,2	6,4	3,5	55%
Минеральные удобрения	634,2	979,3	1 152,6	118%
Прочие навалочные	23,0	28,1	36,8	131%
Насыпные:	68,5	29,1	44,9	155%
Зерно	46,5	8,4	19,2	↑ в 2,3 р.
Прочие насыпные	22,1	20,7	25,7	124%
Лесные	22,3	44,0	44,7	102%
Генеральные:	2 029,5	1 987,1	1 826,0	92%
Черные металлы	1 022,6	1 077,1	957,5	89%
Цветные металлы	170,9	146,8	201,4	137%
Металлолом	283,1	242,5	44,3	18%
Тарно-штучные	212,8	182,1	211,7	116%
Рефгрузы,	163,5	154,3	164,1	106%
рыба и рыбопродукты	29,7	40,6	34,4	85%
Прочие генеральные	176,7	184,3	247,1	134%
Контейнеры	4 455,2	4 100,1	4 197,2	102%
Грузы на пароммах	0,2	0,5	0,3	61%
Накатанные грузы	142,4	185,9	240,9	130%
Нефтепродукты	1 699,5	1 708,0	1 840,9	108%

По представленной таблице видно, что за 2022 год грузооборот порта составил 9,56 миллионов тонн, что на 4 % больше, чем показатель прошлого года. Согласно информации от администрации порта объем перевалки наливных грузов увеличился на 8% до 1,84 миллионов тонн, навалочных грузов – на 24% до 1,37 миллионов тонн. Контейнерооборот увеличился на 6%.

В порту также присутствует железная дорога, по которой ежедневно ходят поезда, чьи тормозные колодки, истираясь, вносят в почвы ТМ [18].

До 2019 очень много пыли летело при погрузке и разгрузке нефтекокса на 23-ем причале порта в сторону жилых домов Канонерского острова. Люди не могли спокойно дышать. На данный момент разгрузку перенесли в другое место стали использовать брезентовые покрытия и оборудование по пылеподавлению, однако никаких мероприятий по очистке почв проведено не было.

Известно, что на Гутуевском острове долгое время работала котельная, обеспечивающая теплоснабжение большинства домов. Она использовала в качестве топлива мазут, из-за чего близ нее, особенно в зимнее время, можно было увидеть черные пятна на снегу. Пепел прожигал краску на машинах, пачкал оконные стекла дымом, оставлял следы на одежде. Все это просачивалось в почву многие годы. С 2020-го года ее перевели на природный газ.

Учитывая способность почв, долгое время накапливать тяжелые металлы, к возможным источникам стоит добавить деятельность давно заброшенных бумагопрядильной мануфактуры, спиртоочистительного завода (он же позднее опытный завод синтетического каучука) и клееварной костеобжигательной фабрики располагающихся на набережной реки Екатерингофки.

Отдельного внимания заслуживает проблема опрятного состояния района. Практически вся береговая зона Канонерского острова погрязла в отходах, которые оставляют за собой отдыхающие. На острове много лет существовала огромная несанкционированная свалка твердых бытовых отходов с тоннами строительного мусора общим объемом 50000 м³, она представлена на рисунке 7. Свалка занимала площадь в 6 га и была ликвидирована лишь в 2017 году. Подобные свалки являются источником накопления тяжелых металлов, отравляющих почвы и подземные воды.

Страшно представить какое количество токсичных веществ витало в воздухе и просочилось в почвенный покров [1].



Рисунок 7 – Несанкционированная свалка на Канонерском острове

В докладе об экологической обстановке Кировского района за 2016 год подчеркивается, что загрязнение почво-грунтов в большей степени было обнаружено в северной части района, а основными участками загрязнения является территория Морского порта и промышленная зона вблизи реки Екатерингофки [45].

Таким образом необходимость проведения геоэкологической оценки территории является важнейшей составляющей для четкого понимания современного состояния среды Гутуевского и Канонерского островов, особенно при отсутствии каких-либо данных по их мониторингу.

3.2. Методы

При подготовке к отбору проб использовались методы, описанные в ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, гельминтологического анализа» и ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Почвы.

Общие требования к отбору проб». Исследование проводилось на наличие таких тяжелых металлов, как свинец, кадмий, цинк, медь, никель и хром, а также нефтепродуктов [15,16].

При лабораторном анализе использовались РД 52.18.191-2018 для кислотно-растворимой формы, МУ по определению тяжелых металлов в почвах с/х угодий и продукции растениеводства ЦИНАО, 1992 г для подвижной. Применялся метод атомно-абсорбционной спектроскопии в режимах пламенной или электротермической атомизации, основанный на измерении резонансного поглощения излучения свободными атомами изучаемого тяжелого металла при прохождении света через атомный пар, образовавшийся в результате электротермической или пламенной атомизации раствора анализируемой пробы.

Определение нефтепродуктов в почве основано на экстракции нефтепродуктов из почвы четыреххлористым углеводородом, очистки элюатов на окиси алюминия в хроматографической колонке и количественном определении нефтепродуктов по интенсивности поглощения в ИК-области спектра. Для определения валового содержания нефтепродуктов в пробах почв использовался стандартный метод инфракрасной спектроскопии [30,36].

3.2.1. Тяжелые металлы и нефтепродукты в почвах

В процессе выбора мест для отбора почв были приняты во внимание такие параметры, как местоположение объекта относительно дорог, заводов, рельефа местности, водных объектов, а также наличие и тип растительности - деревьев, кустарников и трав.

Отбор почвенных образцов производился с глубины 0-10 см с помощью специальной лопатки. Проба с поверхности отбиралась методом «конверта». Он заключается в том, что на каждом из участков по диагонали или по «конверту» в точках отбирают пробы.

На каждом участке отбиралось до 10-15 точечных образцов через равные расстояния, которые затем были объединены в один. Ко всем пробам прикладываются записки, в которых содержатся все их характеристики: точное место взятия и дата. Далее образцы почвы высыпались на сухую поверхность бумаги и просушивались в хорошо вентилируемом помещении в течение нескольких дней. Затем образцы доставлялись в лабораторию, проанализированы на базе Агрофизического научно-исследовательского института [15,16].

На Канонерском острове было выбрано 4 участка для отбора образцов. Карта расположения участков представлена на рисунке 8.



Рисунок 8 – Карта участков отбор проб на Канонерском острове

Участок 1 (59.891375, 30.194904) расположен в глубине острова в 10 метрах от западного берега Канонерского острова, близко к побережью

Финского залива. На участке произрастает кустарниковая и травянистая растительность.

Участок 2 (59.894587, 30.201471) находится в открытом поле на границе расположения бывшей свалки твердых бытовых отходов, рекультивированной в 2017-ом году, на расстоянии 400 м от точки 1, и 100 м от берега. Растительность луговая.

Участок 3 (59.895762, 30.203648) находится на месте несанкционированной свалки твердых бытовых отходов на 250 м севернее участка 2 и находящийся в 60 м от залива. Представляет поле с травяной растительностью. Присутствуют одиночные мелкие деревья.

Участок 4 (59.900045, 30.214692) расположен в жилой зоне, в середине острова, с севера ограничен дворовой дорогой. С востока через Морской канал расположен морской порт. Представлен травяной растительностью. На участке организуют стихийный выгул домашних животных.

На рисунках 9, 10 и 11 представлено расположение исследуемых участков в виде панорамы.



Рисунок 9 – Расположение участков 1 и 2 (Канонерский остров)

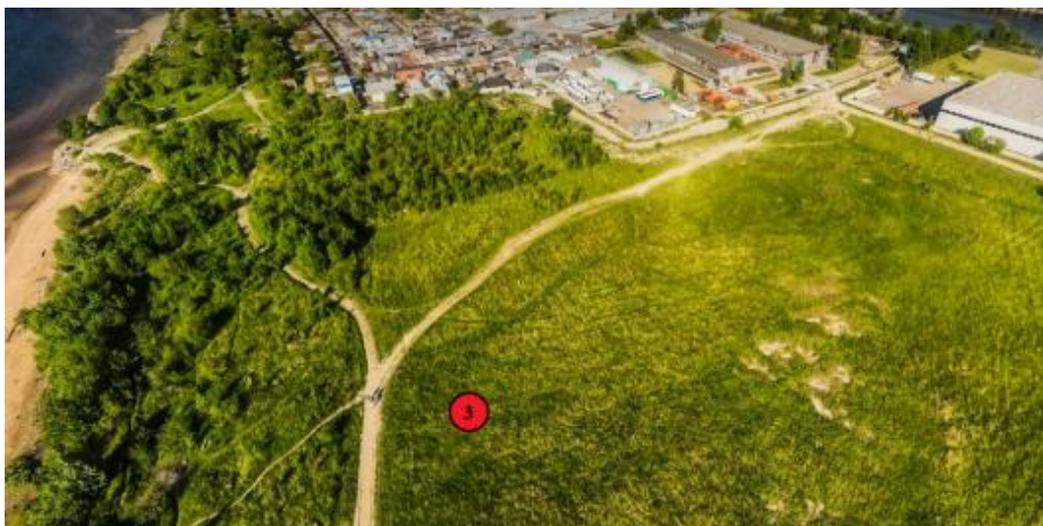


Рисунок 10 – Расположение участка 3 (Канонерский остров)

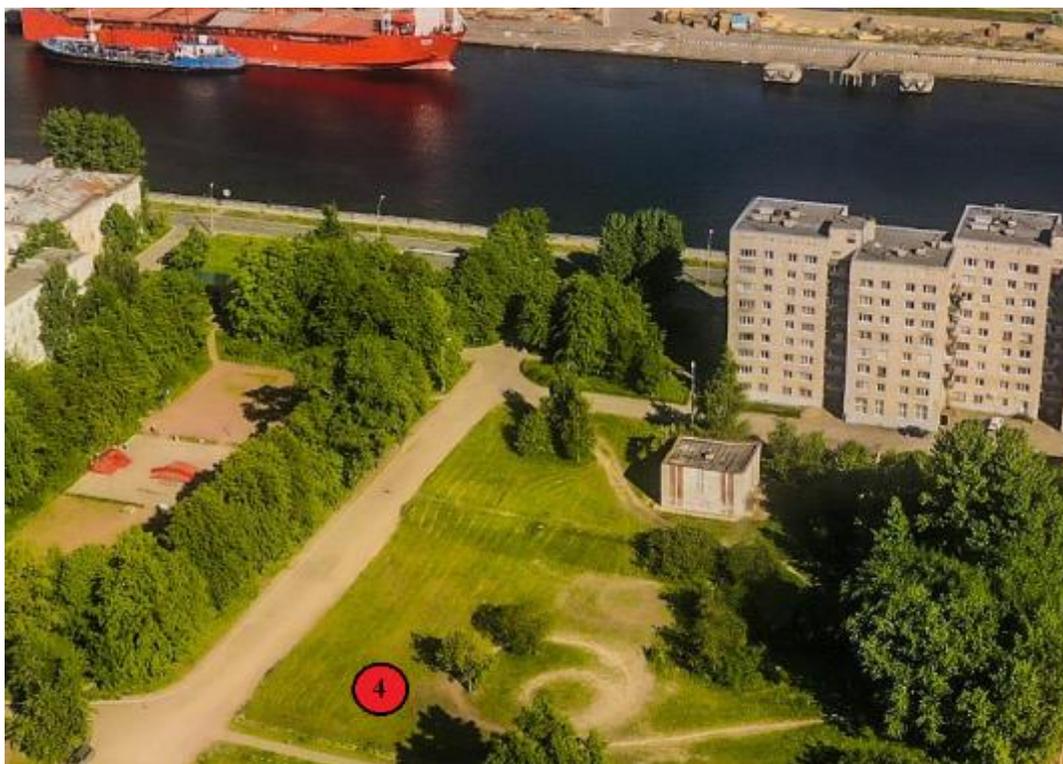


Рисунок 11 – Расположение участка 4 (Канонерский остров)

На Гутуевском острове было выбрано 3 участка для отбора образцов.
Карта расположения участков представлена на рисунке 12.

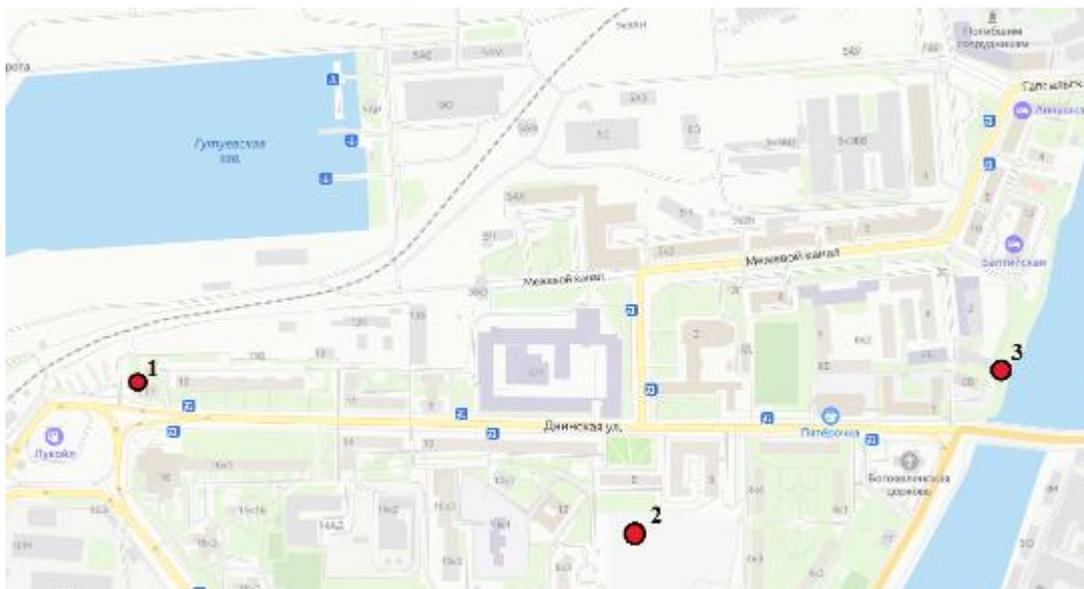


Рисунок 12 – Карта участков отбора проб на Гутуевском острове

Все участки сосредоточены в северной части острова, в жилой зоне по улице Двинской и представляют прямую линию.

Участок 1 (59.909840, 30.241221) расположена во дворе жилого дома №17 на детской площадке, примыкающей к забору, отделяющим Морской порт Санкт-Петербург от жилой застройки. На участке произрастает кустарничковая и травяная растительность. По границам проезд и автопарковка.

Участок 2 (59.908052, 30.251294) находится в центре жилого двора, по адресу Двинская, 8 на большом пустыре, представляющим собой поле. Участок представляет собой площадку, которую окантовывают асфальтовые внутридворовые проезды. Поверхность частично покрыта травами и кустарниками, по периметру произрастают деревья лиственных пород. На территории организован стихийный выгул домашних животных.

Участок 3 (59.909805, 30.258984) находится в восточной части острова у берега реки Екатерингофки. Участок представляет собой узкую полоску зеленой зоны с угнетенной растительностью. Южнее участка организована парковочная зона. В ранние годы здесь был организован Сельдяной буян.

На рисунках 13, 14 и 15 представлено расположение участков 1, 2 и 3.

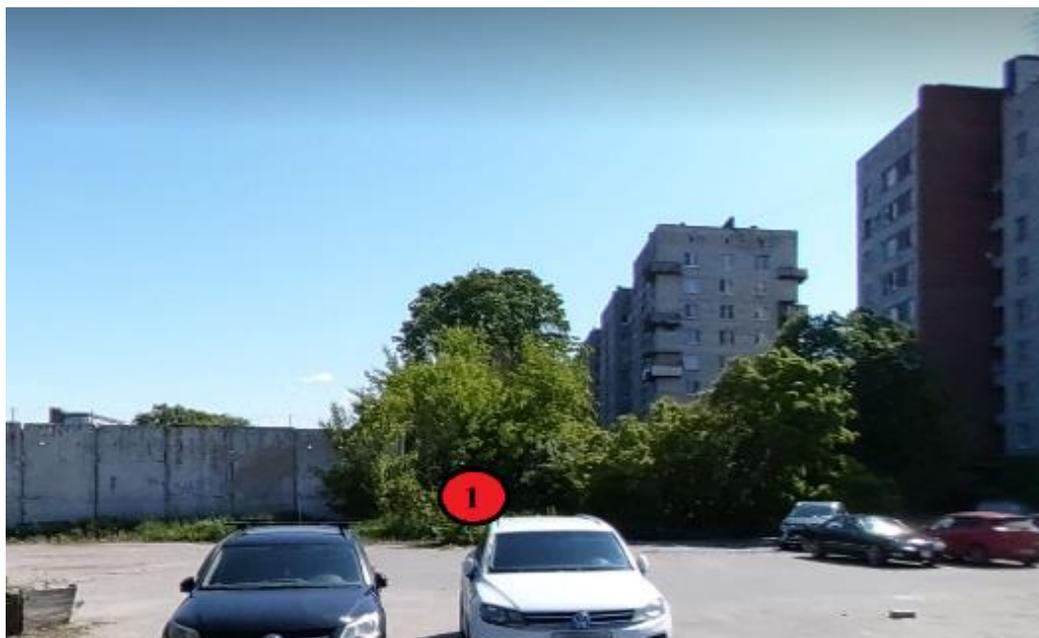


Рисунок 13 – Расположение участка 1 (Гутуевский остров)



Рисунок 14 – Расположение участка 2 (Гутуевский остров)

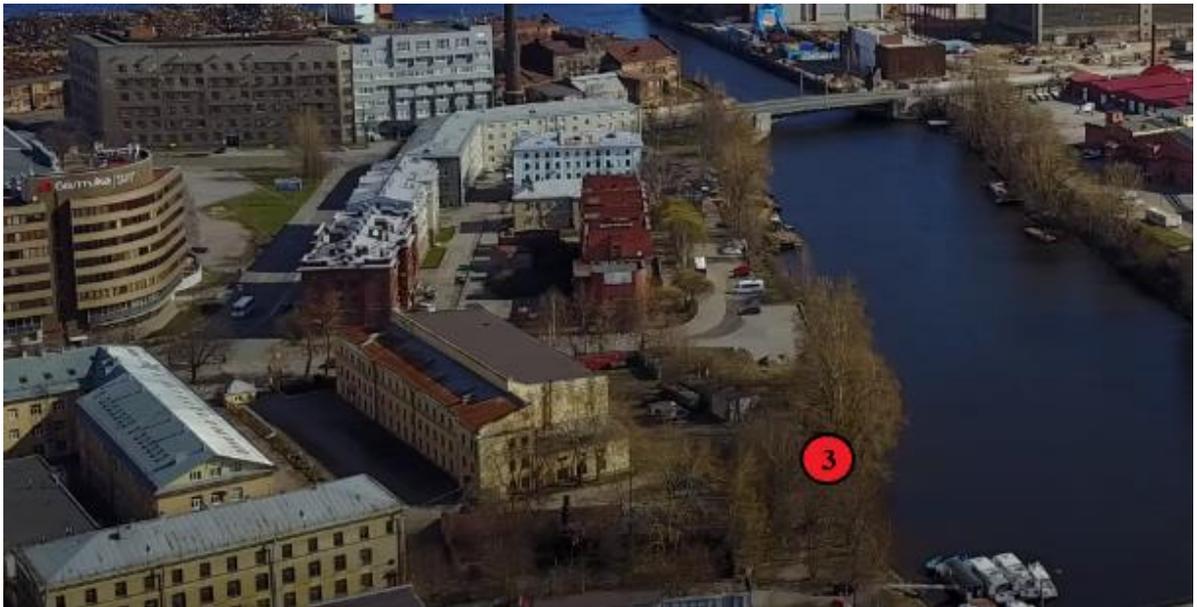


Рисунок 15 – Расположение участка 3 (Гутуевский остров)

3.2.2 Радиационное загрязнение

В данном исследовании была поставлена цель проверить радиационное загрязнение территории, после получения информации о том, что в Кировском районе выявлено 37 участков радиоактивного загрязнения, в числе которых 4 – с мощностью эквивалентной дозы более 10 мкЗв/ч. На территории района расположено 16 предприятий, относящихся к 1-ой и 2-ой группам опасности, причем более половины из них расположены на Гутуевском острове и в районе станции метро «Нарвская» [46].

Для проверки утверждения о наличии на Гутуевском и Канонерском островах производств, связанных с выбросом радиоактивных веществ, были проведены измерения как уже у существующих точек отбора проб почв, так и новых в районе промышленных зон. При литературном анализе построек острова, предприятий, работающих с радиоактивными веществами, обнаружено не было.

Прибором для измерения послужил дозиметр SOEKS. Единица измерения микрозиверт в час (мкЗв/ч). Исследования проводились на каждой

точке на уровне грунта, а также на уровне метра по 20 измерений. Наиболее безопасным уровнем внешнего облучения тела человека, когда радиационный фон в норме считается значение до 0,2 микрозиверт в час (соответствует значениям до 20 микрорентген в час).

На рисунках 16 и 17 изображены карты островов с точками измерения радиации.

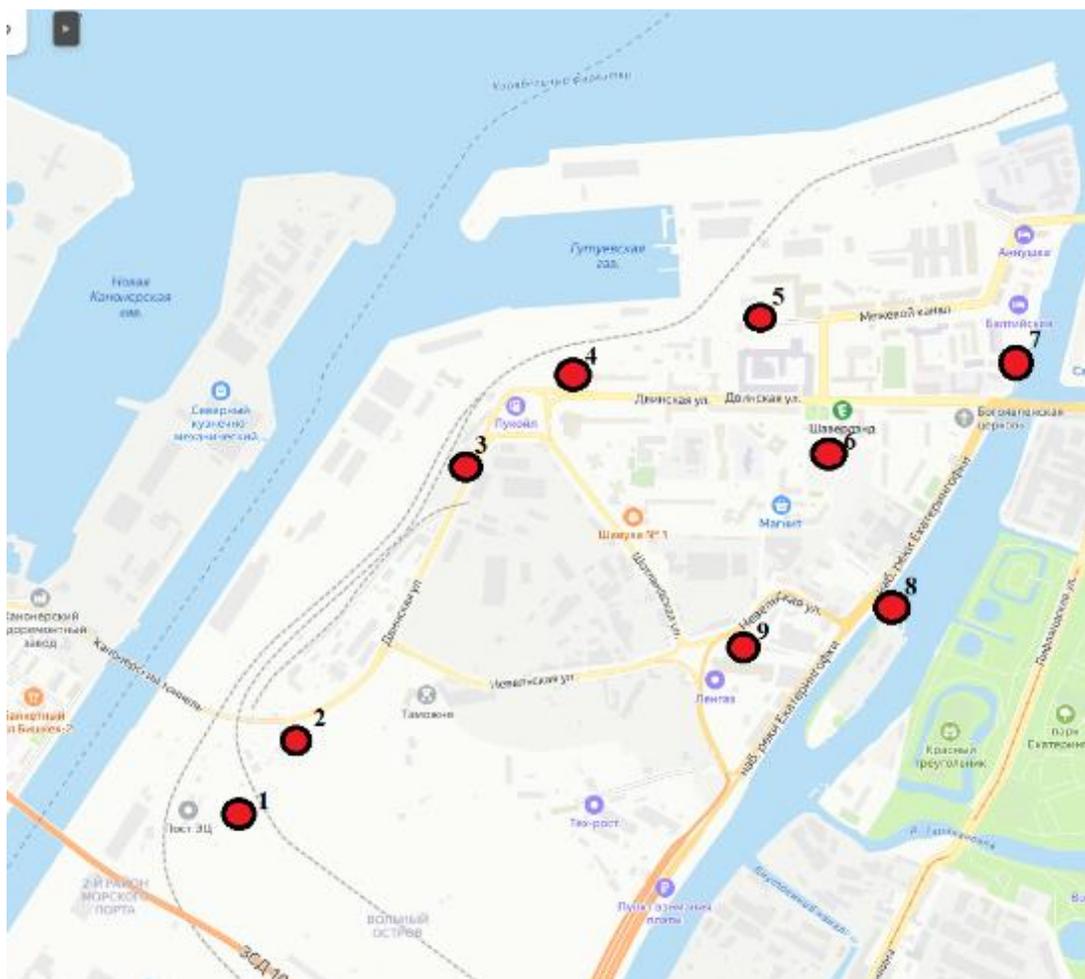


Рисунок 16 – Карта точек измерения радиационного фона на Гутуевском острове

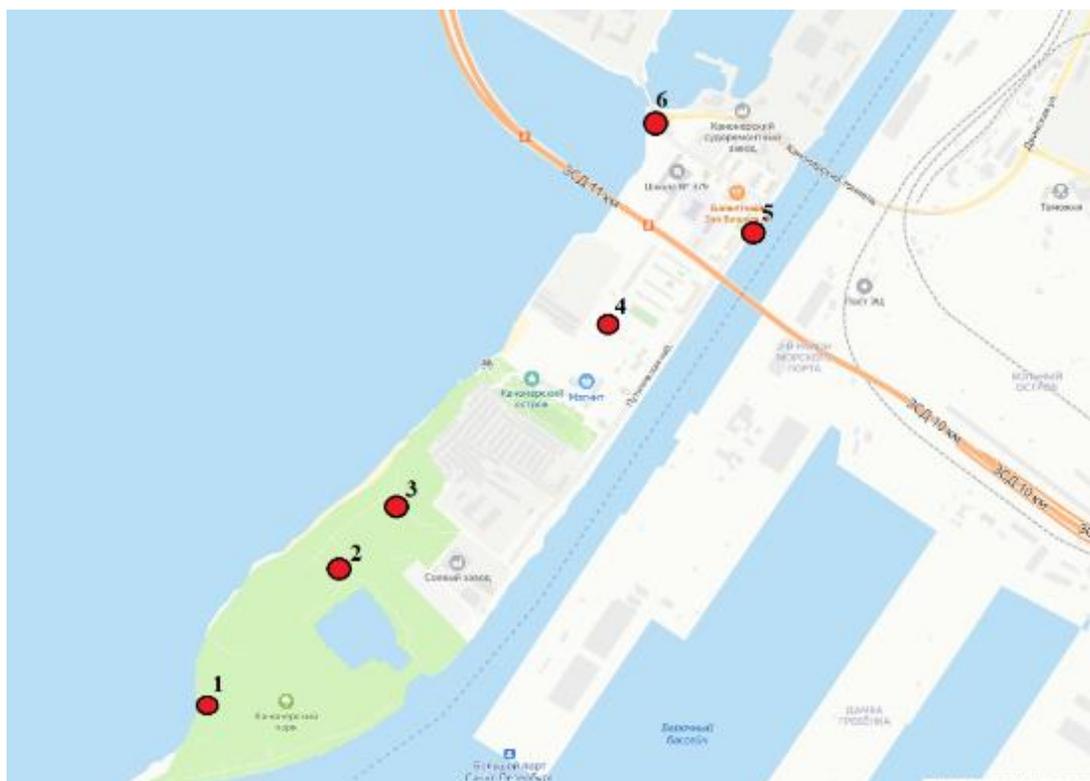


Рисунок 17 – Карта точек измерения радиационного фона на Канонерском острове

На Гутуевском острове точка 1 расположена в промышленной зоне острова у Петролеспорта. Точка 2 находится в западной части острова у въезда в Канонерский тоннель. Точка 1 и 2 представлены на рисунке 18. Местоположением точки 3 является ул. Двинская д. 23. У первых трех точек находились в непосредственной близости места выгрузки и погрузки металлолома. Точки 4, 6 и 7 – такие же, что и участки, использованные для отбора почвенных образцов. Точка 5 расположена по адресу Межевой канал 5БО – у центрального въезда в Морской порт Санкт-Петербург. 8-я точка расположена на Набережной реки Екатерингофки, у моста Резвый. Местоположением точки 9 является адрес – Невельская улица 29-31П, что также является промышленной частью острова.



Рисунок 18 – Расположение точек 1 и 2 (а – точка 1, б – точка 2)

На Канонерском острове точки 1–4 совпадают с точками отбора почвенных проб. Точка 5 находится по адресу Путиловская набережная д. 23, а точка 6 расположена у выезда из тоннеля, перед Белым мостом, ведущим на белый остров к Центральной станции аэрации. На рисунке 19 представлен процесс замера радиационного фона.



Рисунок 19 – Процесс измерения радиационного фона на точке 2
(Канонерский остров)

Глава 4. Полученные результаты и их обсуждение

4.1 Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в изучаемых ландшафтах

В ходе исследования проб получены следующие результаты, представленные в таблице в приложениях В, Г.

Для анализа содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах была проведена некоторая статистическая работа. Были найдены средние значения концентрации металла по каждому участку за 4 месяца, найдена стандартное отклонение и ошибка. Значения ПДК для кислотнорастворимой и подвижной формы были взяты из Постановления об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (с изменениями на 30 декабря 2022 года) [33].

4.1.1 Свинец

Свинец – металл, относящийся к первому классу опасности. В городской среде попадает в почву путем атмосферных выпадений и ветровых переносов от выбросов металлургической промышленности, со свалок с электрическими аккумуляторами, красками, сплавами металлов, но чаще из двигателей автомобилей. Может оседать на земную поверхность из золы ТЭЦ.

Опасность свинца заключается в том, что он является токсичным и наносит серьезный вред здоровью. При длительном воздействии на организм возможно развитие острой или хронической свинцовой интоксикации, что приводит к поражению нервной системы, почек, печени, сердца и костного мозга [13].

На рисунке 20 и 21 изображены диаграммы средних концентраций свинца по кислоторастворимой и подвижной форме за весь период сбора

образцов, где зеленый цвет означает участки Гутуевского острова, синий Канонерского острова, красная линия обозначает ПДК.

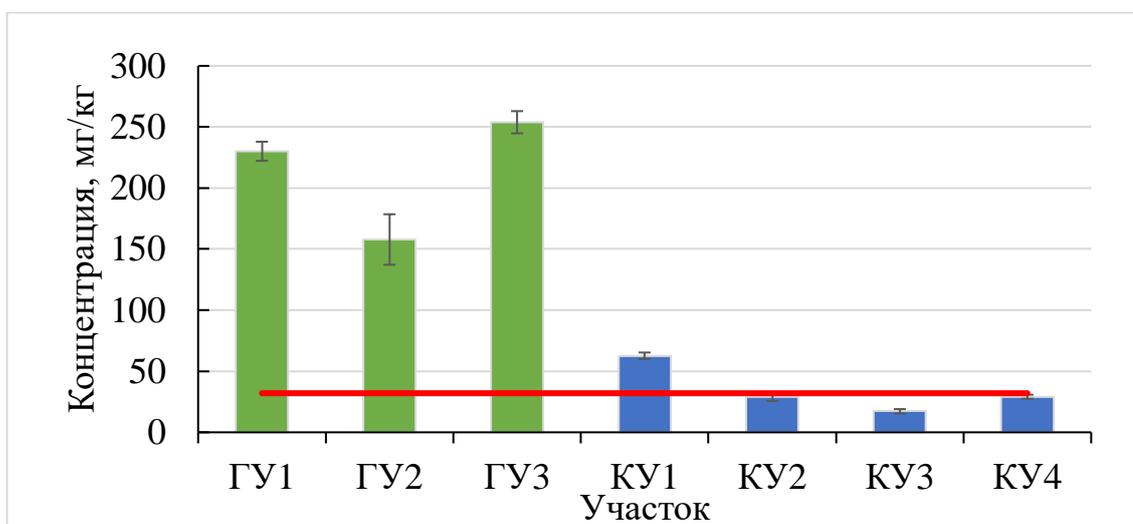


Рисунок 20 – Средняя концентрация свинца (кислоторастворимая форма)

Из построенной диаграммы наблюдается сильное превышение ПДК (32 мг/кг) на всех участках Гутуевского острова, максимальное превышение зафиксировано на третьем участке у реки Екатерингофки, концентрация составляет 253,9 мг/кг, что выше нормы в 7 раз. Участки 1 и 2 расположены недалеко с автомобильными стоянками, что может объяснить такой высокий показатель загрязнения.

На Канонерском острове участки 2, 3 и 4 выходят за пределы установленной нормы и варьируют в пределах 17,3 – 29,1 мг/кг, а участок 1, расположенный в глубине острова близко к берегу Финского залива имеет превышение и составляет 62,7 мг/кг. Вероятно, причиной этому водные наносы от судоходства, работа портовой техники, либо частое нахождением на данном участке отдыхающих, приезжающих на автомобилях.

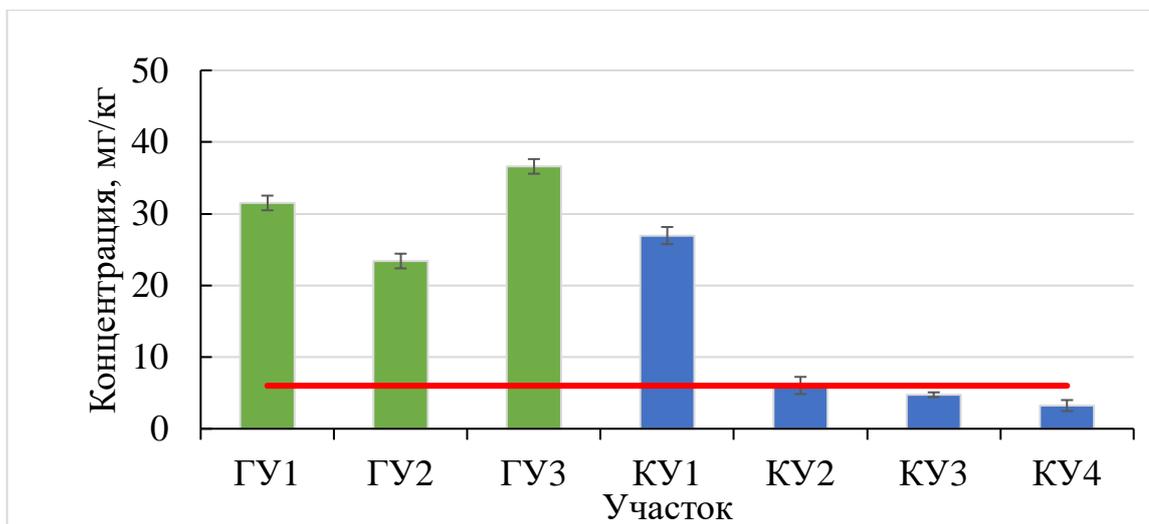


Рисунок 21 – Средняя концентрация свинца (подвижная форма)

В данной диаграмме наблюдается та же ситуация, что и для кислоторастворимой формы. ПДК составляет 6 мг/кг. Идет сильное превышение на участках 1, 2, 3 на Гутуевском и на участке 1 на Канонерском острове, максимум – 36,6 мг/кг. Минимальное значение содержания свинца составляет 3,2 мг/кг.

4.1.2 Кадмий

Кадмий – тяжелый металл первого класса опасности. Опасность его заключается в том, что при попадании в организм человека нарушает работу почек и ЖКТ. Накапливается в органах на протяжении всей жизни. В природную среду поступает с нефтепродуктами, с заводов по его переплавке, с автомобильными выбросами, с ТЭЦ, также после внесения удобрений и при износе шин. При изготовлении дорожных покрытий используются также кадмий содержащие материалы [13, 38].

На рисунках 22 и 23 представлены диаграммы средних концентраций свинца по кислоторастворимой и подвижной форме.

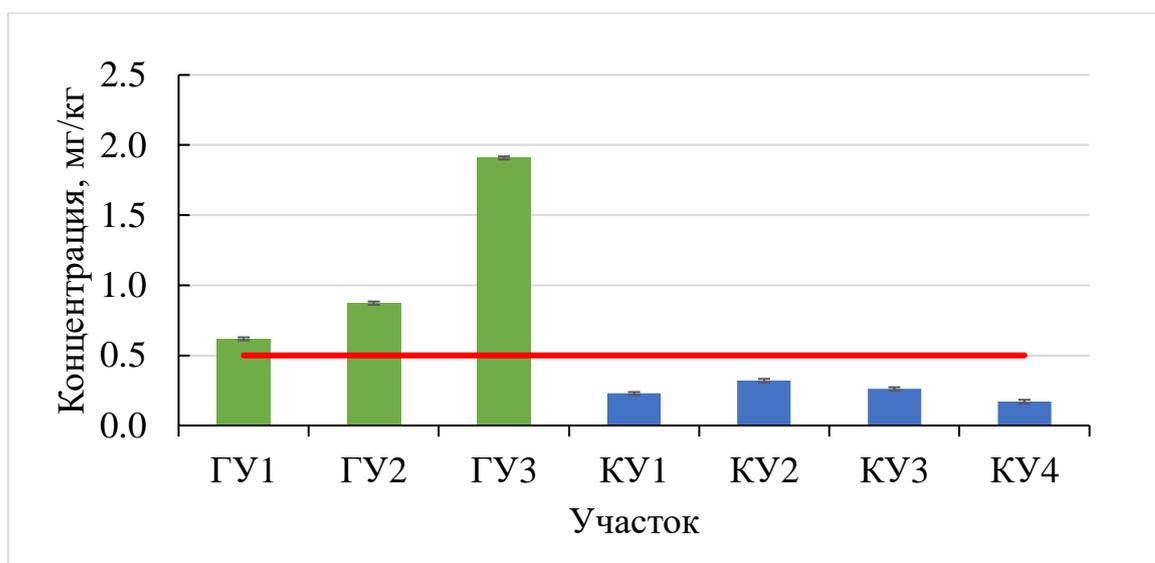


Рисунок 22 – Средняя концентрация кадмия (кислоторастворимая форма)

Диаграмма показывает, что при ПДК 0,5 мг/кг на изучаемых объектах превышение обнаружено на всех участках Гутуевского острова. Сильно подвержен загрязнению участок 3 со значением 1,91 мг/кг. Это также объясняется наличием рядом парковочной зоны, так как выхлопные газы содержат в своем составе и кадмий. На участках Канонерского острова превышения отсутствуют, значения концентраций в пределах 0,17 - 0,32 мг/кг.

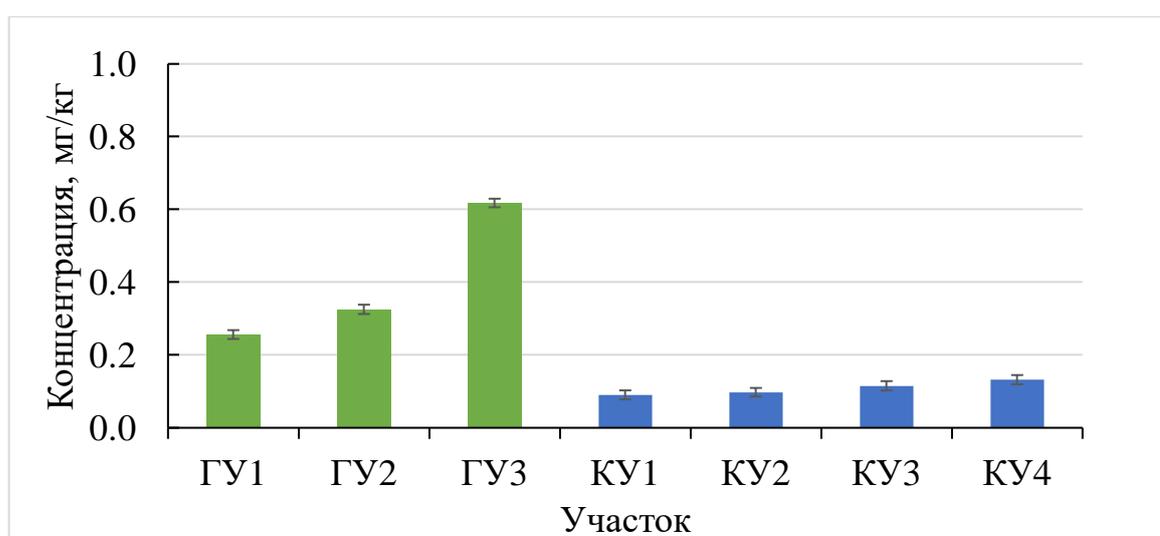


Рисунок 23 – Средняя концентрация кадмия (подвижная форма)

ПДК для подвижной формы кадмия в России отсутствует, однако по построенной диаграмме можно судить о том, что на Гутуевском острове его концентрация выше, чем на Канонерском, а самая высокая его концентрация выпадает на участок 3 Гутуевского острова со значением 0,6 мг/кг.

4.1.3 Цинк

Цинк считается высокоопасным тяжелым металлом. Главными причинами загрязнения грунтов цинком являются пылевые частицы, летящие с металлургических заводов, портов, а также минеральные удобрения и истирание автопокрышек машин. Несмотря на то, что цинк является необходимым микроэлементом для организма, в больших количествах он становится токсичным и вызывает отравление, головокружение, а также вредит животным и растениям [13,38].

Диаграммы по содержанию цинка в изучаемых объектах представлена на рисунках 24 и 25.

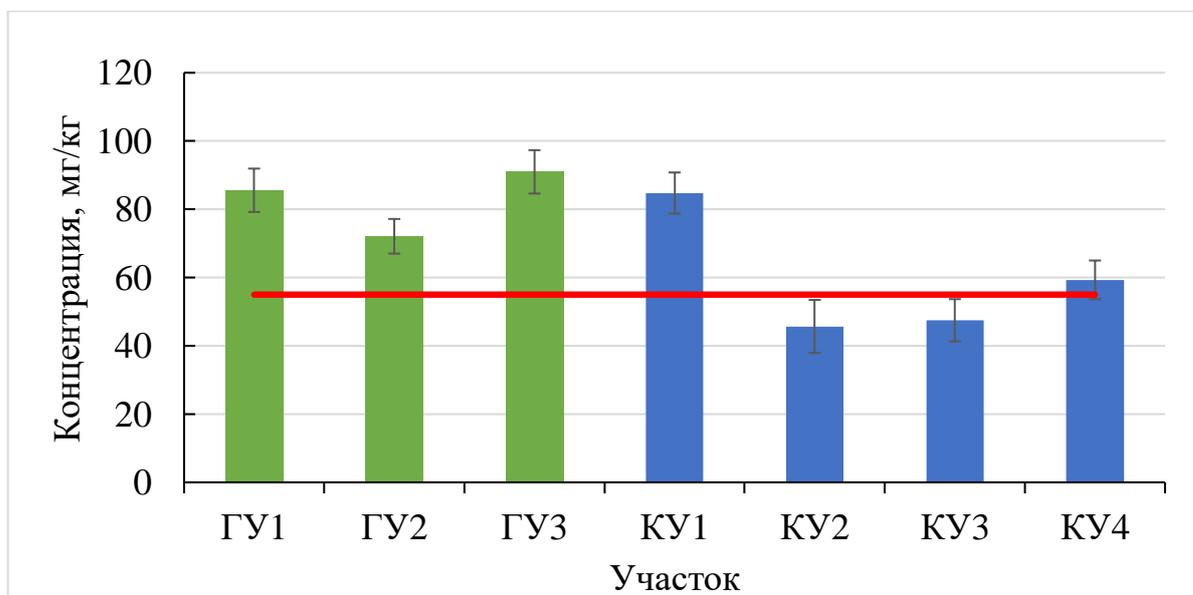


Рисунок 24 – Средняя концентрация цинка (кислоторастворимая форма)

Как видно из рисунка ПДК (55 мг/кг) превышает сразу в нескольких местах. Полностью загрязнены почвенный покров Гутуевского острова, с максимумом на третьем участке (90,9 мг/кг). Содержание цинка на Канонерском острове выше нормы на участке 1 (84,8 мг/кг) и 4 (59,3 мг/кг).

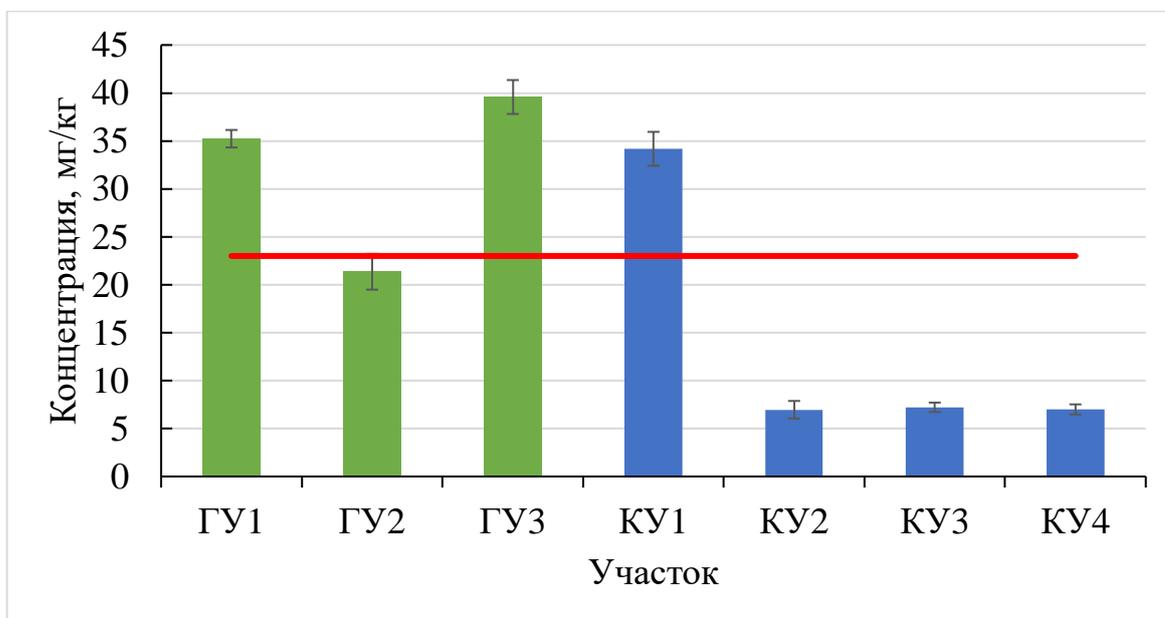


Рисунок 25 – Средняя концентрация цинка (подвижная форма)

Результаты показывают, что при анализе подвижной формы ПДК (23 мг/кг) концентрации имеют превышение на участках 1 и 3 на Гутуевском со значениями 35,2 и 39,6 соответственно, а также в точке 1 на Канонерском острове со значением 34,2 мг/кг.

4.1.4 Медь

Медь – металл второго класса опасности. В почвах города встречается из-за работы нефтяных комплексов, металлургии, может проникать в грунт через атмосферные осадки от транспортных выбросов. Содержится в минеральных удобрениях и пестицидах. Токсическое действие меди связано с повреждением головного мозга и почек, циррозом печени и анемией.

Загрязнение медью также снижает активность ферментов, находящихся в почве, и уничтожает микроорганизмы.

Диаграммы по количеству меди на изучаемых объектах представлено на рисунках 26 и 27.

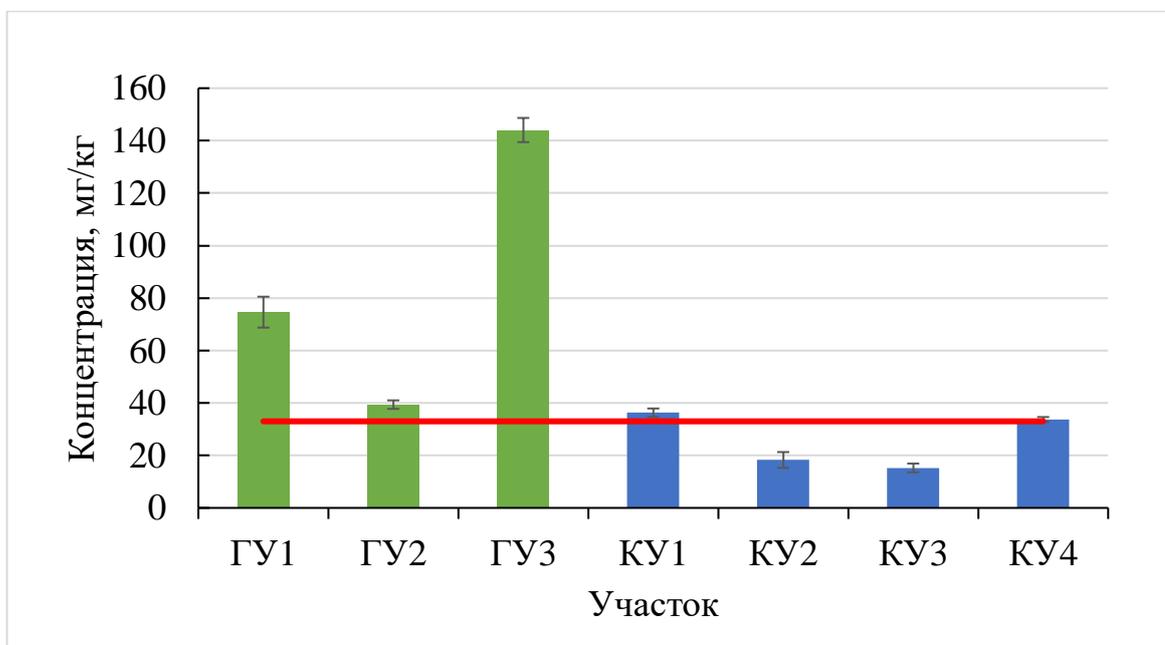


Рисунок 26 – Средняя концентрация меди (кислоторастворимая форма)

Как и в случае с цинком, концентрация меди достигает максимума на участках 1 и 3 на Гутуевском острове и превышает ПДК (33 мг/кг) в 2,2 и 4,3 раза соответственно. За допустимый предел выходит и участок 2 со значением 39,4 мг/кг, а также участки 1 (36,3 мг/кг) и 4 (33,7 мг/кг) на Канонерском острове. Наименьшее загрязнение зафиксировано на участке 3 (15,2 мг/кг)

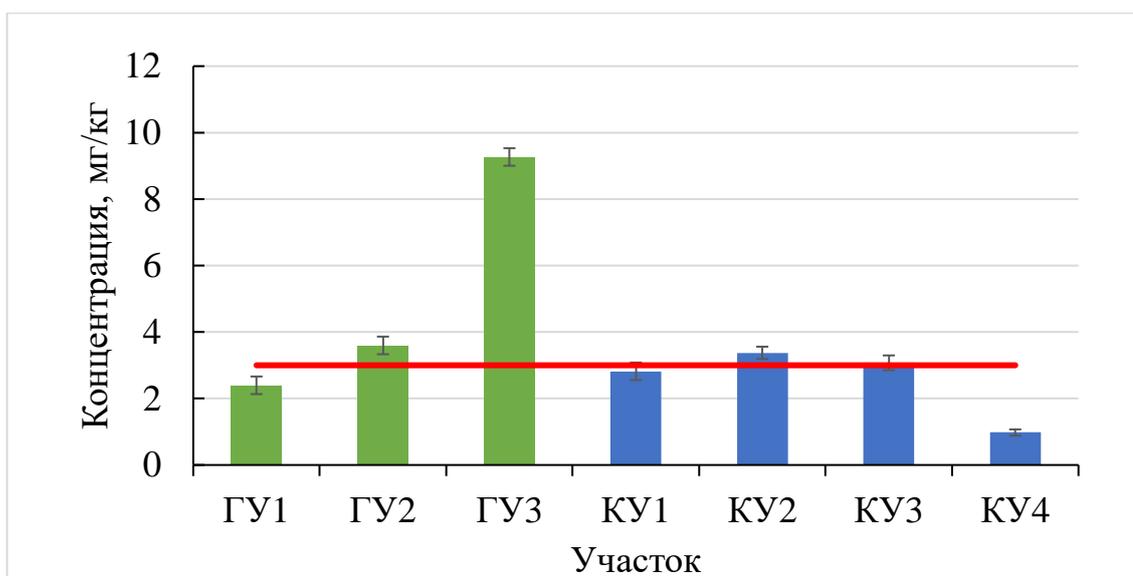


Рисунок 27 – Средняя концентрация меди (подвижная форма)

Из представленной диаграммы наблюдаются большие значения концентрации меди на участке 2 и 3 Гутуевского острова и участке 2 Канонерского острова. Максимум составляет 9,27, что выше ПДК в 3 раза. Участки 1 Гутуевского и 1,4 Канонерского острова не превышают норматив.

4.1.5 Никель

Загрязнение почвенного покрова никелем является результатом работ нефтяных терминалов, черной металлургии, ТЭЦ, износа покрытий кузовов. Никель, при вдыхании может привести к раку лёгких, желудка. Влияет на иммунную, репродуктивную системы, кровь, и печень, приводит к приступам аллергического дерматита. При долго воздействии на растения, возникает хлороз на листьях [13,38].

Рисунки 28 и 29 демонстрируют степень загрязнения почв никелем.

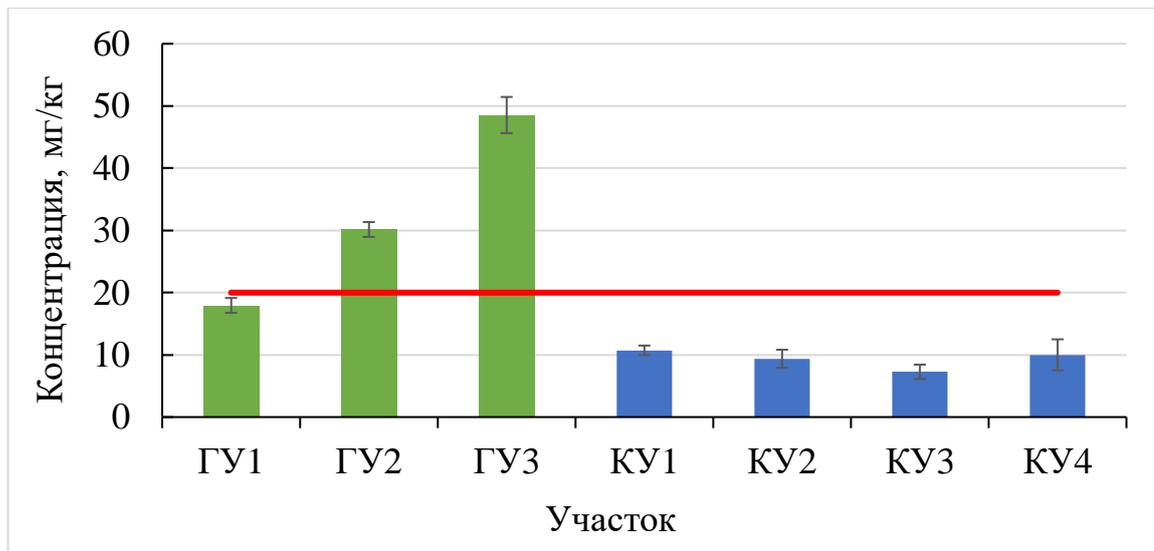


Рисунок 28 – Средняя концентрация никеля (кислоторастворимая форма)

Построенная диаграмма дает представления о том, что на Канонерском острове отсутствует загрязнение никелем на выбранный участках, их значения варьируют в пределах 7,3-10,7 мг/кг, при ПДК 20 мг/кг. Одна заметно превышения норматива на Гутуевском острове на участках 2 и 3, их концентрация составила 30,1 и 48,5 мг/кг.

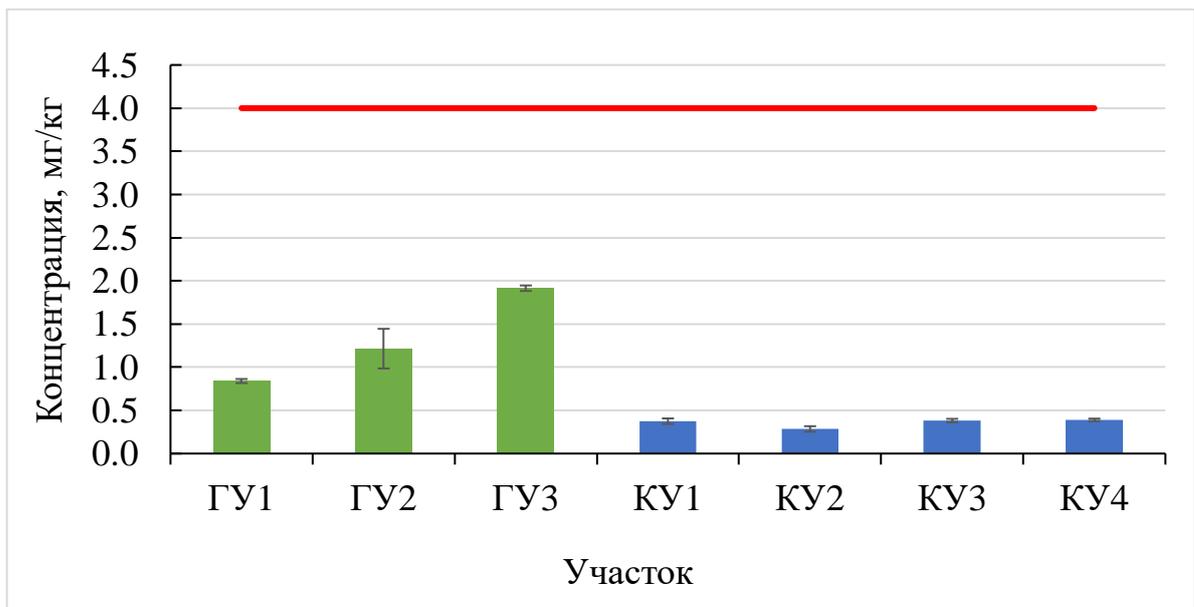


Рисунок 29 – Средняя концентрация никеля (подвижная форма)

По данному рисунку можно заметить полное отсутствие превышений предельно допустимой концентрации подвижной формы (4 мг/кг). Максимальное значение составило 1,9 мг/кг, минимальное – 0,3 мг/кг.

4.1.6 Хром

Хром – тяжелый металл второго класса опасности, считается канцерогенным. Хром широко используется в металлургической и химической промышленности. Высоко его содержание и в осадках сточных вод, особенно в осадках очистных сооружений. Высокие концентрации блокируют рост растительности, у людей вызывает рак легких, заболевания ЖКТ [13].

К сожалению, в России значения ПДК для содержания валового хрома не принято, это усложняет оценку его опасности по сравнению с другими элементами. В остальных странах значения ПДК сильно варьирует от 50 до 240 мг/кг. В РФ существует значение ПДК лишь для подвижной формы – 6 мг/кг. На рисунке 30 и 31 представлена диаграмма средней концентрации хрома.

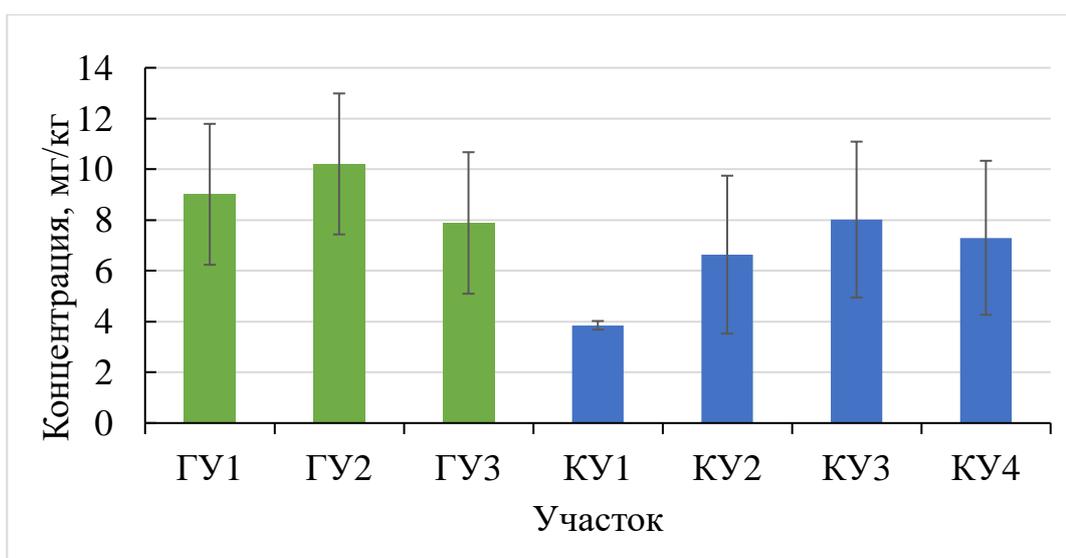


Рисунок 30 – Средняя концентрация хрома (кислоторастворимая форма)

Диаграмма показывает, что значения варьируются в пределах 3,8 до 10,21 мг/кг на обоих островах. Больше содержание обнаружено на Гутуевском острове.

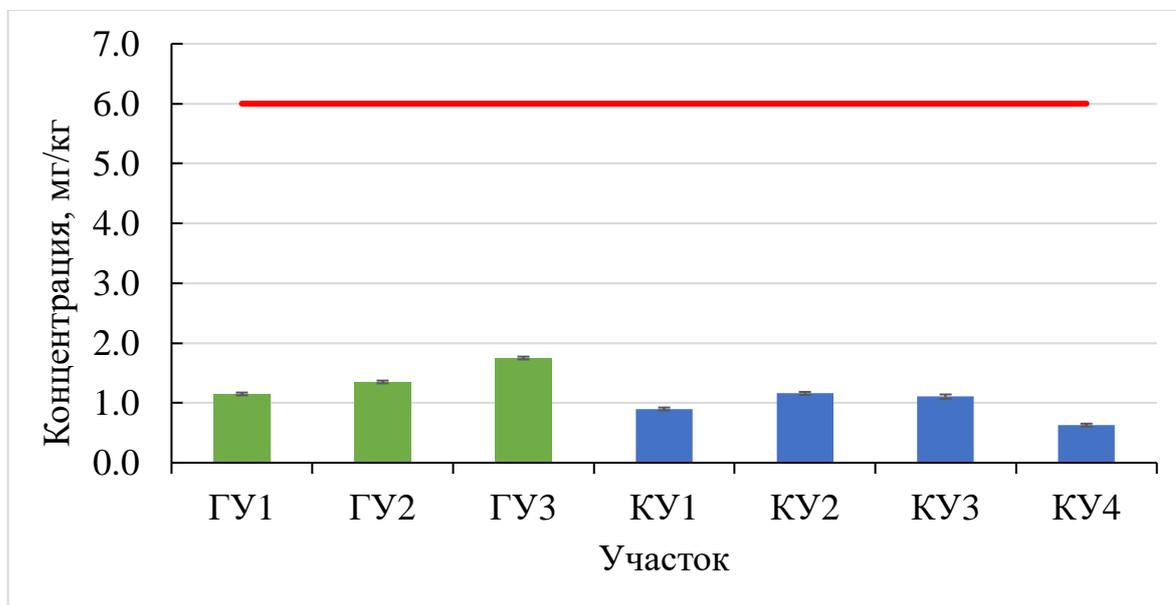


Рисунок 31 – Средняя концентрация хрома (подвижная форма)

Диаграмма демонстрирует, что концентрация веществ на каждом участке остается в пределах нормы, их значения составляют от 0,6 до 1,8 мг/кг при пороговом значении 6 мг/кг.

4.1.7 Нефтепродукты

Почвенный и растительный покров городов накапливает значительные концентрации нефтепродуктов из-за использования при эксплуатации техники, автомобильных стоянок, заправок, работы нефтеперерабатывающих терминалов при нарушении технологии перекачки и слива [12].

На рисунке 32 отображено распределение нефтепродуктов по изучаемым участкам островов.

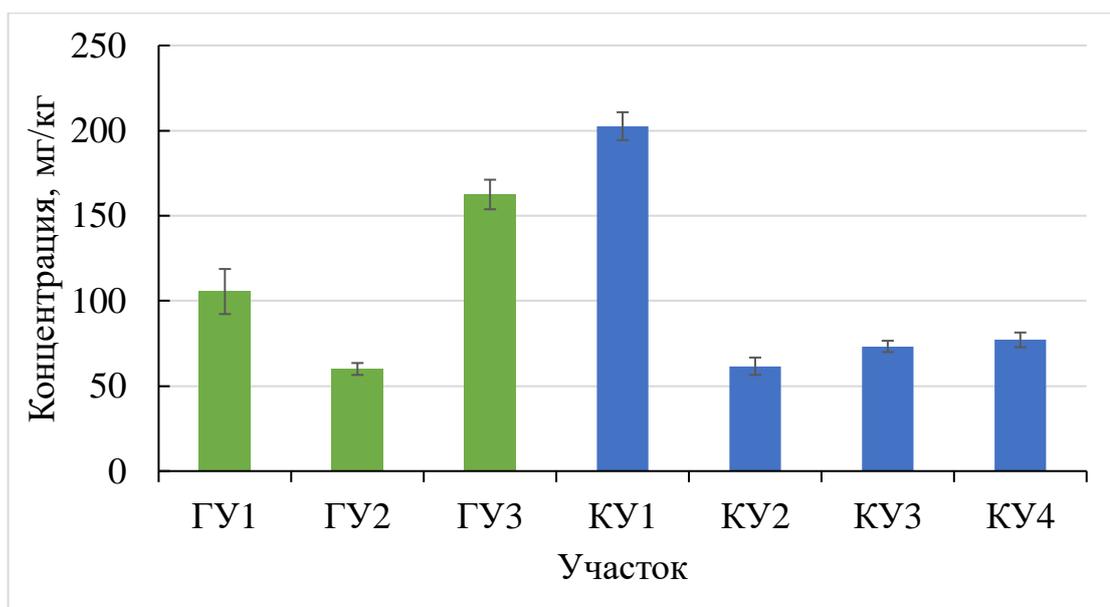


Рисунок 32 – Содержание нефтепродуктов в грунтах Канонерского и Гутуевского островов

Содержание нефтепродуктов имеет крайне высокую степень загрязнения. ПДК нефтепродуктов в СПб официально не установлена. Каждый регион определяет ПДК самостоятельно, так как показатель зависит от многих факторов.

Максимальное значение составляет 202,6 мг/кг (участок 1 Канонерского острова) и 162,5 мг/кг (участок 3 Гутуевского острова). Такие высокие показатели могут быть связаны с ветровыми наносами от нефтяного терминала, от морского порта при разгрузке нефтекокса, а также с выхлопами и разливами топлива от наземного транспорта.

4.2 Оценка уровня химического загрязнения

Для того чтобы оценить степень загрязнения почвенной поверхности ТМ проводится исследование по специальным показателям. К ним относятся коэффициент концентрации химического вещества (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c).

Коэффициент концентрации можно найти через отношение:

$$K_c = C_i / C_{\phi_i}$$

Где C_i – это фактическое содержание определяемого вещества в почве, а C_{ϕ_i} – региональное фоновое содержание. Единица измерения мг/кг почвы.

Суммарный показатель загрязнения равняется следующему выражению:

$$Z_c = \Sigma(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1)$$

Где n – количество определяемых суммируемых элементов, а K_{ci} – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения [33].

Для санитарно-гигиенической оценки категории загрязнения почв комплексом металлов по показателю Z_c используется оценочная шкала, представленная в таблице 3

Таблица 3 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Категория загрязнения почв	Величина Z_c
Допустимая	Менее 16
Умеренно опасная	16-32
Опасная	32-128
Чрезвычайно опасная	Более 128

Используемые нормативы фонового содержания тяжелых металлов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Норматив фонового содержания изучаемых тяжелых металлов в почвах Ленинградской области, мг/кг

Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr
16,20	0,15	35,00	17,60	13,7	11,70

Чтобы выполнить оценку загрязнения ТМ по коэффициенту концентрации (K_c) используются следующие значения:

$< 1,5$ – отсутствие загрязнения;

$1,5 < K_c < 3,0$ – слабое загрязнение;

$5,0 < K_c < 10,0$ – сильное загрязнение;

$K_c > 10,0$ – очень сильное загрязнение;

В ходе расчетов коэффициента концентрации каждого тяжёлого металла для двух островов были получены следующие данные представленные в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициент концентрации тяжелых металлов Гутуевского и Канонерского островов

Участок	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr
	K _c					
ГУ1	14,2	4,1	2,4	4,2	1,3	0,8
ГУ2	9,7	5,8	2,1	2,2	2,2	0,9
ГУ3	15,7	12,7	2,6	8,2	3,5	0,7
КУ1	3,9	1,5	2,4	2,1	0,8	0,3
КУ2	1,8	2,1	1,3	1,0	0,7	0,6
КУ3	1,1	1,7	1,4	0,9	0,5	0,7
КУ4	1,8	1,1	1,7	1,9	0,7	0,6
Среднее Гут.	13,2	7,6	2,4	4,9	2,4	0,8
Загрязнение	Очень сильное	Сильное	Слабое	Среднее	Слабое	Отсут-ет
Среднее Кан.	2,1	1,6	1,7	1,5	0,7	0,6
Загрязнение	Слабое	Слабое	Слабое	Отсут-ет	Отсут-ет	Отсут-ет

Согласно результатам данной таблицы, территория Гутуевского острова подвержена очень сильному загрязнению свинцом, и сильному загрязнению кадмием. Все это объясняется присутствием на острове МП СПб, выбросами от много лет работающей мазутной котельной и выхлопами автотранспорта.

Зоны загрязнения почв тесно связаны с векторами господствующих ветров, вероятно с территории юго-запада города, могут доходить загрязнители от промышленный предприятий в виде пыли или осадков.

Канонерский остров характеризуется слабым загрязнением свинцом, кадмием и цинком, и отсутствием загрязнения меди, никеля и хрома.

Результаты расчетов по определению категории загрязнения каждого участка островов представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Категория загрязнения почв Гутуевского и Канонерского островов

Участок	Zc	Категория загрязнения
ГУ1	22,1	Умеренно-опасная
ГУ2	17,9	Умеренно-опасная
ГУ3	38,4	Опасная
КУ1	6,0	Допустимая
КУ2	2,5	Допустимая
КУ3	1,2	Допустимая
КУ4	2,9	Допустимая

Результаты демонстрируют деградацию поверхностного слоя и сильную степень загрязнения на территории Гутуевского острова. Участок 3 является самым опасным по суммарному воздействию ТМ. Канонерский остров характеризуется допустимой категорией загрязнения по исследуемым показателям на каждом участке.

4.3 Результаты измерения радиационного фона

В ходе измерений на Гутуевском островах был получен ряд значений, представленный в приложении Д. Из 20-ти измерений на каждой точке было

выделено среднее и максимальное значение, затем для последующего анализа ситуации по средним значениям были построены графики, представленные на рисунке 33.

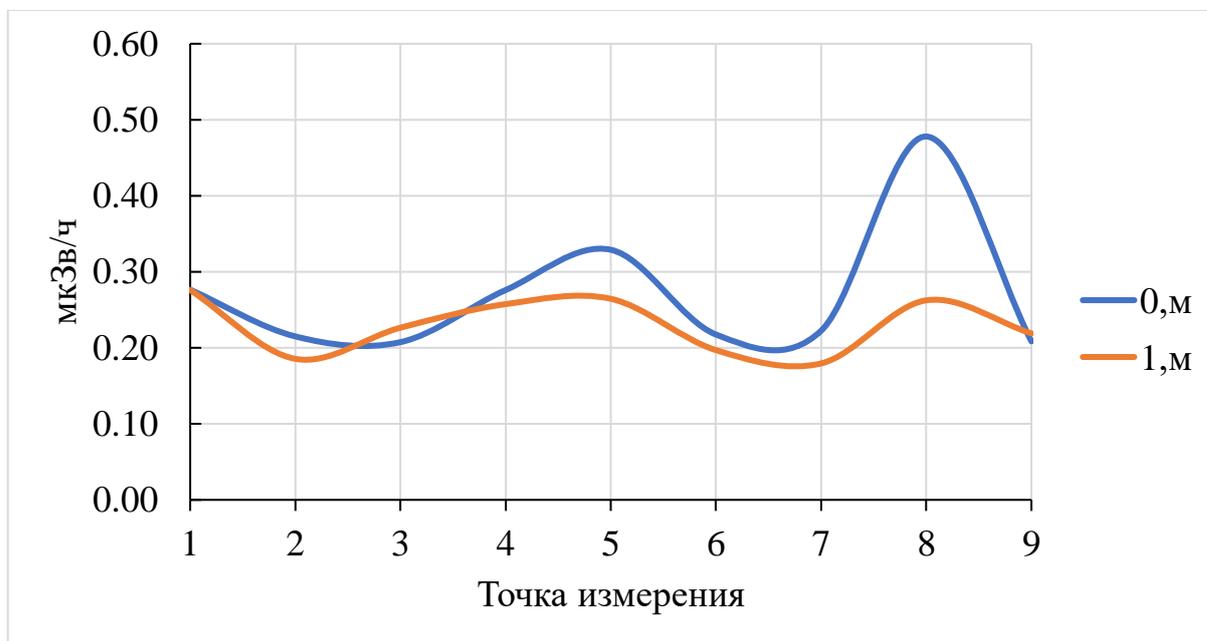


Рисунок 33 – График радиационного фона точек на Гутуевском острове

По графику видно, что самые большие значения были зафиксированы на точке 8, что связано с наличием гранита на Екатерингофской набережной. Норма радиационного фона для человека составляет до 0,2 мкЗв/ч, то есть он считается наиболее безопасным для человека. Только в точке 2, 6 и 7 на уровне метра, это значение не превышает.

У острова значения на обеих высотах близки по значениям. Лишь в точках 5 и 8 видна существенная разница, выражающаяся в увеличении фона по мере приближения к уровню грунта.

В приложении Е представлены результаты радиационного фона на Канонерском острове и также построен график, представленный на рисунке 34.

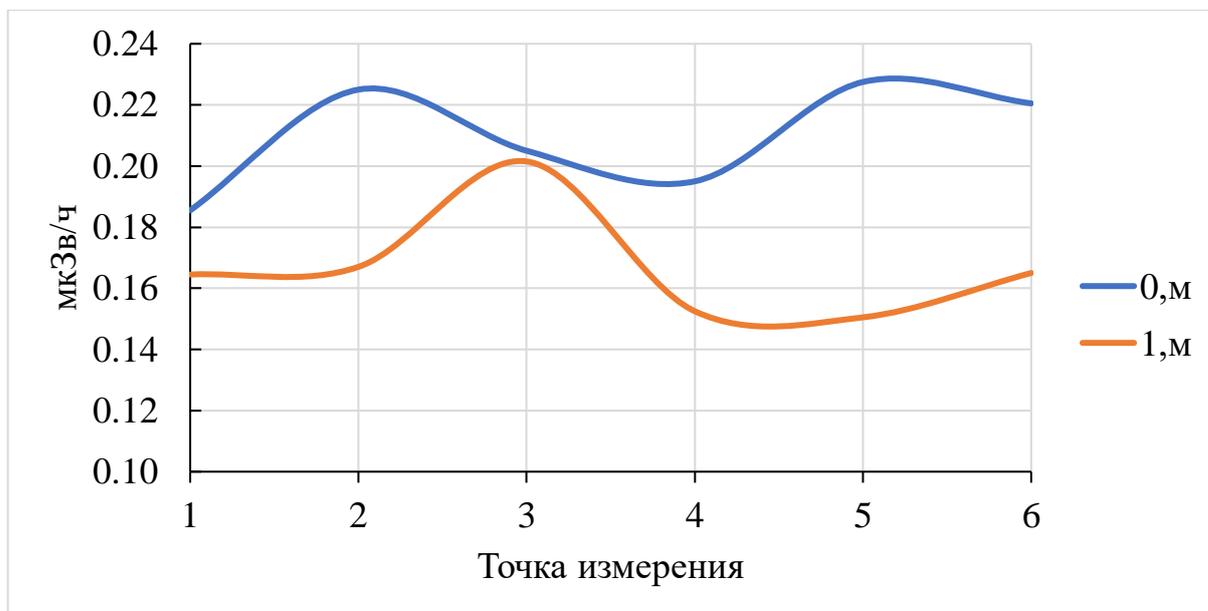


Рисунок 34 – График радиационного фона точек на Канонерском острове

По данному графику наблюдается. В большинстве случаев на уровне метра значения не выходят за 0,20 мкЗв/час. В целом для графика Канонерского острова характерно уменьшение значений при увеличении высоты измерения, так, например на точке 1 у грунта радиационный фон составил 0,19 мкЗв/ч, а на уровне метра 0,16 мкЗв/ч.

Сравнивая значения двух островов, можно заметить, что на Канонерском радиационный фон больше соответствует существующим нормативам, чем на Гутуевском, и выше 0,22 мкЗв/ч значений нет.

Рекомендации

Так, основными практическими рекомендациями для решения такой экологической проблемы как загрязнение почвы тяжелыми металлами, нефтепродуктами и радионуклидами могут послужить следующие мероприятия:

1. Проведение ежегодного мониторинга качества почвенного покрова на предмет содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов. Это поможет своевременно выявить и контролировать уровень загрязнения. А также ежегодные проверки деятельности МП СПб, Канонерского судостроительного завода в виде государственной экологической экспертизы и экологический аудитов на предмет соблюдения природоохранного законодательства.

2. Рекультивация, очистка и дезинфекция почвы от тяжелых металлов и нефтепродуктов. Для этого можно использовать различные методы, такие как фиторемедиация, биоремедиация или химическая реабилитация. Также рекомендуется посадка деревьев, так как они имеют функцию улавливания вредных частиц, а также снижения постороннего шума. Следом следует ввести запрет на въезд на транспорте в Канонерский парк.

3. Настройка экологического каркаса. На островах большое количество инфраструктуры и мало зеленых зон, поэтому для сохранения и улучшения экологического состояния островов необходимо внедрять развитие зеленых насаждений, особенно на Гутуевском острове. Например, можно использовать хаотично разбросанную заброшенную промышленную зону, переместить ее и преобразовать освободившуюся территорию в рекреационные культурные парковые ландшафты. На Канонерском острове в свою очередь, предлагается создать природный парк или ООПТ. Это снизит нагрузку, оказываемую туристами, предотвратит образование отходов, окажет компенсирующее воздействие на береговую зону.

4. Создание санитарно-защитной зоны предприятий для обеспечения комфортной жизни населения, так как максимальные концентрации тяжелых

металлов в выбросах техники распространяются до 2 км от источника. Однако так как передвинуть жилые зоны не представляется возможным, предлагается установка пылезащитного экрана по периметру МП СПб и судостроительного завода по опыту Мурманского порта, внедрение НДТ. Также возможна частичная разгрузка порта.

5. Информирование населения о проблеме загрязнения почвы и о способах ее предотвращения, а именно проведение образовательных кампаний, семинаров и лекций. В данном случае заняться этим должен муниципальный округ, через выпуски газет и статей. Для данной территории это является важным пунктом, потому как многие жители Канонерского острова собирают грибы и ягоды в южной части объекта, которые затем употребляют в пищу, не осознавая какое количество ТМ попадает в их организм. Так же зафиксировано то, что как минимум в двух дворах Гутуевского острова местные жители занимаются садоводством.

6. Проведение регулярного мониторинга радиационного фона на территории, для фиксации изменений и своевременного вмешательства при необходимости, а также для определения и извлечения источников радиации на территории, что является крайне сложной задачей, потому как большинство радионуклидов содержатся в материалах зданий и сооружений.

Выводы

Таким образом, проанализировав все вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

1. Произведен анализ литературных источников и рассмотрены проблемы прибрежных городов с точки зрения отечественного и зарубежного опыта. Главные из них – застройка побережий жилищными и промышленными объектами, организация сферы туризма и последующее замусоривание, разрушение берегоукреплений, климатические условия.

2. Выполнена оценка факторов, влияющих на экологическую ситуацию Гутуевского и Канонерского островах. Острова считаются изолированной частью СПб, жилую зону перекрывают объекты промышленности, а экологический мониторинг здесь проводится крайне редко.

3. Проведены полевые выезды с отбором проб на содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов. Выполнена статистическая работа и построены диаграммы по кислоторастворимой и подвижной формы каждого ТМ. Установлено, что по средним концентрациям самым подверженным загрязнению оказался участок 3 Гутуевского острова. Идет превышение ПДК свинца в 7 раз, кадмия 3,8 раз, цинка в 1,6 раз, меди в 4,4 раз и никеля в 2,4 р. На Канонерском острове большее превышение нормативов зафиксировано на участке 1 по содержанию свинца в 1,9 раз, цинка 1,5 раз и меди 1,1. Наименее подверженными загрязнению, оказались участки 2 и 3.

По рассчитанному суммарному показателю загрязнения к опасной категории относится участок 3, к умеренно-опасным участки 1 и 2 на Гутуевском острове. В среднем почвенный покров страдает в большей степени от свинца, кадмия и меди. Категория загрязнения грунта всех участков Канонерского острова является допустимой. Основные загрязнители – свинец, кадмий и цинк.

Содержание нефтепродуктов было обнаружено на всех точках, в большей степени на участке 1 Канонерского острова (202,6 мг/кг), и 3 Гутуевского (162,5 мг/кг).

4. Изучен и измерен радиационный фон территорий островов. Выявлено отсутствие высоких показателей загрязнения на участках отбора почвенных образцов, а также на дополнительных точках вдоль промышленной зоны. Значения в среднем находятся в пределах 0,17 до 0,33 мкЗв/ч. Крупные превышения наблюдаются лишь на гранитной набережной реки Екатерингофки на Гутуевском острове.

5. Выявлены основные экологические проблемы островов, связанные с загрязнением почвенного покрова. Главными источниками загрязнения почвенного покрова являются МП СПб с увеличивающимся грузооборотом, Канонерский судостроительный завод, ЗСД проходящий прямо над территориями островов, соевый завод, долгое время работающая котельная на музутном топливе, стихийная промышленная зона с ремонтными предприятиями, специализирующая на запчастях для транспорта и большое количество отдыхающих на пляжах, оставляющих за собой мусор. Также учитывая способность почв, долгое время накапливать тяжелые металлы, к источникам можно добавить заброшенные фабрики.

6. Разработаны практические рекомендации для улучшения экологического состояния Гутуевского и Канонерского островов. Наиболее эффективные из них, создание пылеулавливающего экрана, фиторемедиация и высадка зеленых насаждений.

Заключение

Таким образом в ходе исследования были выполнены все поставленные цели и задачи. Острова Гутуевский и Канонерский – промышленный и жилой микрорайон, уже много лет подвергающийся различным антропогенным воздействиям, вызванных работой Морского порта Санкт-Петербург, открытием участка ЗСД, наличием в непосредственной близости судостроительного завода, станции аэрации, нефтяного и контейнерного терминала, ежегодным наплывом отдыхающих. Вместе с тем острова получают крайне мало внимания в сфере экологии и характеризуются значительным упадком в благоустройстве территорий.

Заглянув в исторические данные заметно, что уровень техногенного воздействия на почвенный покров характеризуется достаточной выраженной стабильностью на протяжении многих лет. Загрязняющие вещества накапливаются в почвенном слое с выраженной тенденцией в силу постоянно действующих источников загрязнения. Это подтверждает актуальность и необходимость проведения геоэкологического мониторинга. и предоставления информации о состоянии окружающей природной среды для жителей.

Отношения между портами и окружающей средой достаточно сложны. Сейчас большинство прибрежных городов, осуществляющие морское хозяйство, имеющие порты в своей планировочной структуре начинают осознавать, как их деятельность влияет на устойчивое развитие. Большинство из них внедряют систему экологического менеджмента, создают экологическую политику, проходят ежегодные проверки. Изучение негативных и позитивных факторов в работе морских предприятий позволит принимать взвешенные и обоснованные решения для их дальнейшего стабильного функционирования с минимальным воздействием на природную среду [15].

В данном исследовании современная геоэкологическая оценка показала отсутствие значительного загрязнения почвенного покрова Канонерского острова, несмотря на усиливающуюся урбанизацию и стрессовые факторы окружающие его на протяжении всей истории существования. Гутуевский же остров напротив, отразил опасную степень загрязнения в жилом районе, требующую большего внимания из-за хозяйственно-экономической направленности территории. Радиационный фон объектов находится в пределах нормы.

В целом Гутуевский и Канонерские острова имеют потенциал для своего развития и налаживания своего экологического состояния. Для этого требуется следовать практическим рекомендациями, реализовывать проекты по преобразованию среды и давать большую огласку существующим проблемам путем публикаций, докладов, телевидения, с привлечением выше должностных лиц.

Так, опираясь на концепцию устойчивого развития, необходимо активно осуществлять меры по восстановлению подверженных загрязнению территорий и пресечению еще большего его распространения, даже в местах, где оно пока минимально. Современное общество ошибочно считает, что экологические проблемы сводятся лишь к борьбе с загрязнением среды, то есть на них обращается внимание, только, когда экосистема уже на грани нормального существования. Такое мышление тормозит создание глобальной системы экологической безопасности. Поэтому важно познать и практически использовать фундаментальные законы формирования, устойчивости и методов рациональной эксплуатации природных экологических систем.

Список используемой литературы

1. Агафонова А.Г. «Морские ворота» Санкт-Петербурга: Канонерский остров в дискурсе городских публик/ А.Г. Агафонова // Социология власти. – 2013. – №3. С. 94-111.
2. Агафонова, А. Г. Реляционный подход в городских исследованиях / А.Г. Агафонова // Журнал социологии и социальной антропологии. – 2015. – Т. 18. – № 4. С. 96-110.
3. Акт государственной историко-культурной экспертизы земельного участка, подлежащего воздействию земляных, строительных, мелиоративных и (или) хозяйственных работ (земельного участка по адресу: РФ, СПб, внутригородское муниципальное образование СПб муниципальный округ Морские ворота, Двинская улица, участок 140 (кадастровый номер: 78:15:0008103:3652). СПб, Кировский район, – 2023. С. 162.
4. Алексейчук, Я.Д. Исторические и ландшафтные особенности береговых территорий реки Екатерингофки / Я.Д. Алексейчук, Н.А. Керимова // Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины: Материалы научно-технической конференции СПбГЛТУ по итогам НИР 2017 года ИЛАСиОД, Санкт-Петербург, 2018 года / – 2018. С. 28-31.
5. АО «ЗСД» Проектная документация. Раздел 7. Мероприятия по охране окружающей среды. – Санкт-Петербург. –2015. С. 273.
6. Апарин Б.Ф. Почвенный покров Санкт-Петербурга: «Из тьмы лесов и топи блат» к современному мегаполису/ Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева // Биосфера. – 2013. – Т.5. – №3. С. 327-352.
7. Бабилов И.А. Канонерский остров // Livejournal [Электронный ресурс]. – URL: <https://2dar.livejournal.com/161594.html> (Дата обращения 16.03.2024)
8. Бахматова К.А. Изучение почв Санкт-Петербурга и его окрестностей: от В.В. Докучаева до наших дней / К.А. Бахматова, Н.Н. Матинян. // «Живые и биокосные системы». – 2016. – № 16.

9. Бойцова О.В. Историко-градостроительное преобразование намывных территорий в Санкт-Петербурге и их развитие с учетом особенностей правового регулирования / О.В. Бойцова // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей VIII Международной научно-практической конференции: в 4 частях, Пенза, 15 декабря 2017 года. –2017. С. 285-289.
10. Большаков А.Г. Принципы организации прибрежных территорий как экологического каркаса города / А.Г. Большаков // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. –2011. – Т.4 – №2. С. 5–11.
11. Борисов Д. На Канонерском прописались диоксины. // Независимая газета [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ng.ru/ngregions/2008-04-07/21_dioxin.html (Дата обращения 01.12.2022)
12. Быкова М.В. Проблема промышленного загрязнения почв нефтепродуктами / М.В. Быкова, М.А. Пашкевич // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 67-1. С. 82-86.
13. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю.Н. Водяницкий, Д.В. Ладонин, А.Т. Савичев – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН. – 2012. С. 304.
14. Воробьев О.Г. Исследование санитарно-гигиенического состояния вод Большого морского порта Санкт-Петербурга / О. Г. Воробьев // Сохранение природной среды и особо охраняемые природные территории (К 100-летию мониторинга экосистем Петергофа и его окрестностей) : Материалы XI Молодежной экологической Школы-конференции с международным участием в усадьбе "Сергиевка", Санкт-Петербург, Старый Петергоф, 23–24 ноября 2017 года. – 2017. С. 125-127.
15. ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Почвы. Общие требования к отбору проб» – Москва: Стандартинформ – 2018. С. 8.

16. ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». – Москва: Стандартинформ –2018. С.12.
17. Гранстрем М.А. Историческая среда Гутуевского и Канонерского островов: объемно-пространственные особенности, перспективы развития / М.А. Гранстрем, В.А. Мелнис, А.М. Белова // Перспективы науки. – 2022. – № 3(150). С. 222-226.
18. Грузооборот порта Санкт-Петербург // PortNews [Электронный ресурс]. – URL: <https://portnews.ru/news/326740/> (Дата обращения 01.04.2024)
19. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году/ Под редакцией А.В. Германа, И.А. Серебрицкого – СПб.: – 2023. С. 226.
20. Жарикова Е.А. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска / Е.А. Жарикова // Известия ТПУ. – 2021. – Т.332 – №1. С. 164-173.
21. Жигульский В.А. О возможности и целесообразности создания ГТС природоохранного назначения в береговой зоне восточной части Финского залива / В.А. Жигульский, В.Ф. Шуйский, Т.В. Максимова // Гидротехника. –2013. – № 1 (30). С. 9-15.
22. Жигульский В. А. ПЗ7 Плавни Невской губы / В.А. Жигульский, В.Ф. Шуйский, Е.Ю Чебыкина, В.А. Федоров // Научно-исследовательская программа. Итоги I этапа / ООО «Эко-Экспресс-Сервис». — СПб.: «Реноме», – 2020. С. 304.
23. Каурова З.Г. Состояние некоторых рекреационных зон Санкт-Петербурга по многолетним данным / З.Г. Каурова // The Scientific Heritage. – 2021. – №81-2. С. 22-24.
24. Клячкова, И.В. Изучение процесса воздействия антропогенных факторов на почвенный покров городских территорий / И.В. Клячкова // Международное сотрудничество: опыт, проблемы и перспективы: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 30 сентября 2020 года. – 2020. С. 36-38.

25. Климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Росгидромет. Северо-западное УГМС [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=2> (Дата обращения 15.02.2024)
26. Кузнецов А.Н. Нефтяное загрязнение побережья Черного моря в районе г. Новороссийска (по результатам многолетних исследований) / А.Н. Кузнецов, Ю.А. Федоров, К.А. Заграничный // Известия вузов. Северо-Кавказский р-н. Серия: Естественные науки. – 2013. – №1 (173). С. 71-77.
27. Куликова В.В. Экология города Новороссийска, крупнейшего транспортного узла России и воздействие нефтеперевалки на состояние хвойных в окружающих лесах / В.В. Куликова, В.С. Дьякова // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2016. – №3. С. 57-58.
28. Курамшина Н.Г. Геоэкологическая оценка территории и реабилитация: учебное пособие / Н.Г. Курамшина, А.Н. Елизарьев, Е.Н. Елизарьева // Уфимский гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, – 2021. С. 229.
29. Куриленко В.В. Геоэкогеологическая характеристика Кронштадта и оценка загрязненности его территории тяжелыми металлами / В.В. Куриленко, Н.Г. Осмоловская // Вестник СПбГУ. – 2015. – № 2. С. 107-124.
30. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства – М.: ЦИНАО –1 992. С. 63
31. Негативные и позитивные факторы на границе интерфейса город-порт // Реновация портовых территорий [Электронный ресурс]. – URL: <https://khalinsite.wordpress.com/2018/07/05/negative-and-positive-factors-on-the-core-port-interface/> (Дата обращения 14.06.2023)
32. Панасейкина, В.С. Экологические проблемы прибрежных туристских территорий Краснодарского края / В.С. Панасейкина // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании: материалы VIII Международной научно-практической конференции кафедры управления проектами и программами, Москва 2018 года. – 2018. С. 396-401.

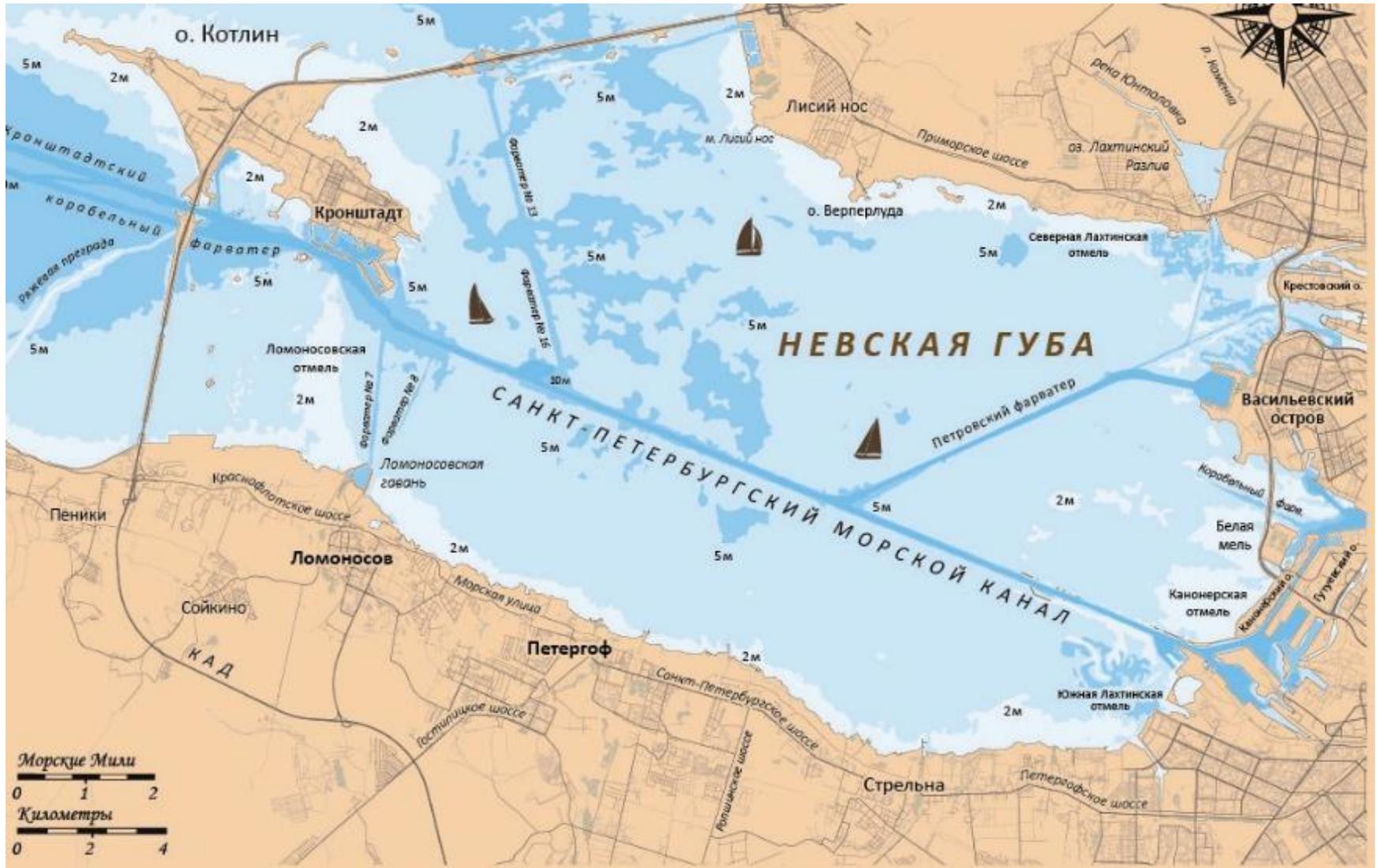
33. Постановления об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (с изменениями на 30 декабря 2022 года) –Москва. – 2021. С.469.
34. Пузырев В.Г. Особенности радиационного фона различных районов Санкт-Петербурга / В.Г. Пузырев, И.В. Васильева, Д.А. Земляной // Радиация и риск. – 2021. – Т.3. – №3. С. 32-45.
35. Районы Санкт-Петербурга // Ginfo.ru [Электронный ресурс]. – URL: <https://spb.ginfo.ru/rayoni/> (Дата обращения 18.03.2024)
36. РД 52.18.191-2018 Массовая доля кислоторастворимых форм металлов в пробах почв, грунтов и донных отложений. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Обнинск. – 2019. С.35
37. Рябчук Д.В. Динамика седиментационных процессов в Невской губе (Финский залив) под воздействием техногенных факторов / Д.В. Рябчук, Е.Н. Нестерова, В.А. Жамойда // Ученые записки РГГМУ. – 2014. – № 35. С. 102-118.
38. Середина В.П. Загрязнение почв: учебное пособие / В.П.Середина // – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, – 2015. С. 345.
39. Спиридонов М.А. Природно-техногенная трансформация морской береговой зоны Санкт-Петербурга / М.А. Спиридонов, Н.Б. Малышева, В. М. Питулько // Региональная экология. – 2014. – № 1-2(35). С. 106-118.
40. Спиридонов М.А. Восточная часть Финского залива и его береговая зона // Окружающая среда Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://ecopeterburg.ru/2016/11/18> (Дата обращения 02.02.2024).
41. Турлак В.А. Радиационное загрязнение окружающей среды как глобальная социально-экологическая проблема / В.А. Турлак // Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология. – 2005. – №4. С. 96-112.

42. Федеральный закон "О радиационной безопасности населения" от 09.01.1996. – 1995. С.24.
43. Халиева А.А. Обзор классификаций степени и типов присущих прибрежным территориям опасностей / А.А. Халиева // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – 2021. – Т.1. – №6. С. 173-177.
44. Шилин М.Б. Результаты исследований техносферы Невской губы в РГГМУ / М.Б. Шилин, В.И. Сычёв, В.Л. Михеев // Гидрометеорология и экология. – 2020. – №60. С. 351—370.
45. Экологическая обстановка в Кировском районе Санкт-Петербурга. СПб: Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга – 2017. С. 24.
46. Экологическая обстановка в районах Санкт-Петербурга/ под редакцией: Голубева. Д.А, Сорокина Н.Д. / СПб.: Формат – 2003. С. 720.
47. Gospodarek, J. The Subsequent Effects of Soil Pollution by Petroleum Products and Its Bioremediation on the Antioxidant Response and Content of Elements in *Vicia faba* Plants / J. Gospodarek, M. Rusin, M. Kandziora-Ciupa, A. Nadgórska-Socha // *Energies* – 2021. – №14(22).
48. Merk O. The Competitiveness of Global Port-Cities: Synthesis Report, OECD Regional Development Working Papers / O. Merk // OECD Publishing. – 2013. – №2013. P. 184.
49. Yilmaz M. The Importance of Coastal City Morphology in Terms of Ecosystem and Natural Environment / M. Yilmaz, Terzi F. // *International Journal of Architecture and Urban Studies*, – 2018. – V.3. – №3-4. P.75-85.
50. France's 2021 Environmental Performance Review. Coastline and Marine Environment in Metropolitan France [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/sites/default/files/2022-08/03> (Дата обращения 14.01.2024)
51. Port of Amsterdam. Soil decontamination and restoration policy // Port of Amsterdam [Электронный ресурс]. – URL:

<https://www.portofamsterdam.com/en/business/settlement/policy/soil-decontamination-policy> (Дата обращения 14.06.2023)

52. Rotterdam tops ranking of port carbon polluters // Transport and environment [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.transportenvironment.org/discover/rotterdam-tops-ranking-of-port-polluters-doing-little-to-support-green-fuels/> (Дата обращения 14.06.2023)

Приложение А – Карта Невской губы



Приложение Б – Схема Морского порта Санкт-Петербург



Приложение В – Содержание тяжелых металлов в грунтах Канонерского и Гутуевского островов

Дата	№ варианта	Расшифровка варианта		Тяжелые металл (кислоторастворимая форма), мг/кг						Тяжелые металлы (подвижная форма), мг/кг					
				Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr
03.05	Участок 1	Гутуевский остров	Двинская 17, забор порта	246,1	0,640	98,6	86,7	20,4	17,3	33,6	0,28	37,1	2,94	0,83	1,2
	Участок 2	Гутуевский остров	Двинская 8 к.1., пустырь	98,0	0,898	82,5	42,7	32,6	18,5	25,5	0,35	16,6	4,14	0,53	1,4
	Участок 3	Гутуевский остров	Двинская, р. Екатерингофка	272,5	1,930	104,0	153,5	54,5	16,2	38,7	0,64	43,2	9,81	1,98	1,8
	Участок 1	Канонерский остров	Сев. берег залива	68,1	0,249	97,1	39,6	12,3	4,2	29,4	0,115	37,8	3,36	0,44	0,95
	Участок 2	Канонерский остров	Зап. часть, 70 м от залива, 50 м на север от пруда	34,0	0,339	58,1	23,1	11,7	13,8	8,49	0,12	8,84	3,75	0,35	1,21
	Участок 3	Канонерский остров	150 м от т. 2, западная часть острова	20,9	0,286	57,4	17,9	9,11	15,1	5,44	0,14	8,22	3,53	0,42	1,18
	Участок 4	Канонерский остров	Жилая зона, середина острова	31,8	0,190	68,4	35,2	14,0	14,3	4,81	0,16	8,08	1,17	0,42	0,68

Продолжение таблицы

Дата	№ варианта	Расшифровка варианта		Тяжелые металл (кислоторастворимая форма), мг/кг						Тяжелые металлы (подвижная форма), мг/кг					
				Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr
05.06	Участок 1	Гутуевский остров	Двинская 17, забор порта	227,8	0,613	83,7	72,9	17,6	6,4	31,2	0,25	34,96	2,32	0,86	1,14
	Участок 2	Гутуевский остров	Двинская 8 к.1., пустырь	180,7	0,871	70,6	38,9	29,8	7,6	23,1	0,32	23,46	3,52	1,46	1,34
	Участок 3	Гутуевский остров	Двинская, р. Екатерингофка	251,2	1,903	89,1	142,7	47,7	5,3	36,3	0,615	39,06	9,19	1,91	1,74
	Участок 1	Канонерский остров	Сев. берег залива	61,9	0,222	83	35,8	10,5	3,8	26,6	0,09	33,66	2,74	0,37	0,89
	Участок 2	Канонерский остров	Зап. часть, 70 м от залива, 50 м на север от пруда	27,8	0,312	43,2	17,3	8,9	3,2	5,69	0,095	6,7	3,32	0,28	1,15
	Участок 3	Канонерский остров	150 м от т. 2, западная часть острова	16,7	0,259	45,5	14,7	6,91	4,6	4,64	0,11	7,08	3,01	0,38	1,09
	Участок 4	Канонерский остров	Жилая зона, середина острова	28,6	0,163	57,5	33,4	9,2	3,9	3,01	0,13	6,84	0,95	0,39	0,62

Продолжение таблицы

Дата	№ варианта	Расшифровка варианта		Тяжелые металлы (кислоторастворимая форма), мг/кг						Тяжелые металлы (подвижная форма), мг/кг					
				Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr
06.07	Участок 1	Гутуевский остров	Двинская 17, забор порта	209,5	0,59	68,8	59,1	14,8	5,5	28,8	0,225	32,82	1,7	0,78	1,09
	Участок 2	Гутуевский остров	Двинская 8 к.1., пустырь	163,4	0,84	58,7	35,1	27	6,7	20,7	0,292	20,32	2,9	1,38	1,29
	Участок 3	Гутуевский остров	Двинская, р. Екатерингофка	229,9	1,88	74,2	131,9	40,9	4,3	33,9	0,586	34,92	8,57	1,83	1,69
	Участок 1	Канонерский остров	Сев. берег залива	55,7	0,20	68,9	32	8,7	3,4	23,8	0,057	29,52	2,12	0,29	0,84
	Участок 2	Канонерский остров	Зап. часть, 70 м от залива, 50 м на север от пруда	21,6	0,29	28,3	11,5	6,1	2,6	2,89	0,066	4,56	2,89	0,20	1,10
	Участок 3	Канонерский остров	150 м от т. 2, западная часть острова	12,5	0,23	33,6	11,5	4,71	4,1	3,84	0,082	5,94	2,49	0,33	1,01
	Участок 4	Канонерский остров	Жилая зона, середина острова	25,4	0,14	46,6	31,6	4,4	3,5	1,21	0,099	5,6	0,73	0,35	0,57

Продолжение таблицы

Дата	№ варианта	Расшифровка варианта		Тяжелые металлы (кислоторастворимая форма), мг/кг						Тяжелые металлы (подвижная форма), мг/кг					
				Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr
03.09	Участок 1	Гутуевский остров	Двинская 17, забор порта	236,95	0,63	91,15	79,80	19,00	6,85	32,40	0,27	36,03	2,63	0,89	1,17
	Участок 2	Гутуевский остров	Двинская 8 к.1., пустырь	189,35	0,88	76,55	40,80	31,20	8,04	24,30	0,34	25,03	3,83	1,49	1,37
	Участок 3	Гутуевский остров	Двинская, р. Екатерингофка	261,85	1,92	96,55	148,10	51,10	5,74	37,50	0,63	41,13	9,50	1,94	1,77
	Участок 1	Канонерский остров	Сев. берег залива	65,00	0,24	90,05	37,70	11,40	4,00	28,00	0,10	35,73	3,05	0,40	0,92
	Участок 2	Канонерский остров	Зап. часть, 70 м от залива, 50 м на север от озера	30,90	0,33	50,65	20,20	10,30	3,51	7,09	0,11	7,77	3,54	0,31	1,18
	Участок 3	Канонерский остров	150 м от т. 2, западная часть острова	18,80	0,27	51,45	16,30	8,01	4,85	5,04	0,13	7,65	3,27	0,40	1,14
	Участок 4	Канонерский остров	Жилая зона, середина острова	30,20	0,18	62,95	34,30	11,60	4,10	3,91	0,14	7,46	1,06	0,40	0,65

Приложение Г – Содержание нефтепродуктов в грунтах Гутуевского и Канонерского островов.

№ п/п	№ варианта	Расшифровка варианта		03.05	05.06	06.07	03.09
				мг/кг			
1	Участок 1	Гутуевский остров	Двинская 17, забор порта	136	118,4	78,2	89,3
2	Участок 2	Гутуевский остров	Двинская 8 к.1., пустырь	64,6	57,2	51,4	66,7
3	Участок 3	Гутуевский остров	Двинская, р. Екатерингофка	152,7	148,6	187,3	161,3
4	Участок 1	Канонерский остров	Сев. берег залива	201,2	186,5	197,3	225,4
5	Участок 2	Канонерский остров	Зап. часть, 70 м от залива, 50 м на север от озера	69,5	71,2	54,1	51,6
6	Участок 3	Канонерский остров	150 м от т. 2, западная часть острова	78,3	79,6	68,3	66,7
7	Участок 4	Канонерский остров	Жилая зона, середина острова	89,2	71,3	70,5	77,3

Приложение Д – Результаты измерения радиационного фона на Гутуевском острове

№ п/п	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	0,26	0,43	0,25	0,12	0,15	0,25	0,36	0,24	0,36	0,30	0,15	0,19	0,20	0,23	0,39	0,23	0,20	0,3
	0,28	0,36	0,03	0,15	0,12	0,24	0,34	0,21	0,39	0,29	0,24	0,17	0,23	0,21	0,49	0,22	0,16	0,3
	0,30	0,27	0,26	0,17	0,15	0,25	0,36	0,21	0,34	0,29	0,25	0,18	0,21	0,21	0,48	0,25	0,18	0,23
	0,29	0,25	0,25	0,16	0,15	0,25	0,32	0,24	0,31	0,28	0,23	0,17	0,23	0,19	0,48	0,28	0,20	0,22
	0,30	0,24	0,22	0,17	0,18	0,24	0,29	0,23	0,32	0,29	0,22	0,2	0,23	0,18	0,46	0,29	0,20	0,21
	0,31	0,25	0,21	0,18	0,20	0,23	0,30	0,24	0,34	0,30	0,24	0,19	0,24	0,18	0,48	0,28	0,20	0,21
	0,31	0,26	0,22	0,19	0,21	0,22	0,28	0,24	0,34	0,30	0,24	0,2	0,24	0,18	0,47	0,26	0,21	0,20
	0,28	0,26	0,21	0,19	0,20	0,22	0,26	0,26	0,35	0,29	0,24	0,21	0,22	0,18	0,47	0,25	0,21	0,20
	0,29	0,25	0,21	0,20	0,21	0,22	0,27	0,26	0,34	0,28	0,23	0,22	0,23	0,17	0,49	0,25	0,22	0,20
	0,28	0,27	0,22	0,20	0,21	0,22	0,27	0,27	0,33	0,27	0,23	0,21	0,24	0,18	0,48	0,26	0,21	0,21
	0,28	0,28	0,21	0,21	0,22	0,22	0,26	0,28	0,33	0,27	0,23	0,22	0,23	0,17	0,47	0,26	0,23	0,21
	0,29	0,27	0,19	0,21	0,23	0,20	0,26	0,28	0,31	0,25	0,22	0,21	0,22	0,17	0,47	0,27	0,24	0,22
	0,27	0,27	0,18	0,20	0,25	0,22	0,27	0,28	0,33	0,25	0,21	0,21	0,22	0,17	0,48	0,26	0,23	0,22
	0,25	0,26	0,20	0,19	0,24	0,21	0,26	0,29	0,32	0,26	0,20	0,20	0,21	0,18	0,49	0,28	0,22	0,21
	0,25	0,25	0,21	0,19	0,24	0,21	0,26	0,28	0,32	0,25	0,21	0,20	0,22	0,18	0,48	0,27	0,21	0,22
	0,27	0,26	0,19	0,19	0,24	0,22	0,25	0,28	0,30	0,25	0,21	0,19	0,23	0,16	0,50	0,26	0,21	0,21
	0,27	0,28	0,18	0,20	0,24	0,23	0,24	0,27	0,31	0,21	0,20	0,20	0,21	0,17	0,48	0,26	0,22	0,20
	0,24	0,26	0,19	0,20	0,25	0,23	0,23	0,26	0,31	0,21	0,21	0,19	0,21	0,16	0,50	0,27	0,21	0,2
	0,25	0,28	0,20	0,19	0,23	0,22	0,22	0,26	0,32	0,22	0,20	0,19	0,22	0,16	0,49	0,28	0,2	0,21
	0,26	0,27	0,20	0,20	0,23	0,23	0,22	0,27	0,31	0,23	0,19	0,19	0,21	0,16	0,51	0,27	0,21	0,20
Сред	0,28	0,28	0,22	0,19	0,21	0,23	0,28	0,26	0,33	0,26	0,22	0,20	0,22	0,18	0,48	0,26	0,21	0,22
Макс.	0,31	0,43	0,30	0,21	0,25	0,25	0,36	0,29	0,39	0,30	0,25	0,22	0,24	0,23	0,51	0,29	0,24	0,30

Приложение Е – Результаты измерения радиационного фона на Канонерском острове

№ п/п	1		2		3		4		5		6	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	0,23	0,18	0,3	0,19	0,16	0,22	0,16	0,15	0,28	0,19	0,18	0,19
	0,18	0,17	0,3	0,19	0,2	0,21	0,14	0,16	0,27	0,18	0,27	0,14
	0,18	0,16	0,25	0,19	0,19	0,21	0,15	0,14	0,24	0,16	0,25	0,18
	0,2	0,17	0,27	0,19	0,2	0,23	0,16	0,13	0,22	0,16	0,25	0,19
	0,21	0,16	0,26	0,18	0,21	0,22	0,41	0,13	0,24	0,14	0,23	0,18
	0,19	0,18	0,25	0,17	0,2	0,21	0,23	0,15	0,23	0,15	0,23	0,18
	0,18	0,17	0,24	0,18	0,21	0,19	0,19	0,16	0,22	0,14	0,24	0,19
	0,17	0,18	0,22	0,17	0,22	0,19	0,18	0,17	0,21	0,15	0,25	0,18
	0,18	0,17	0,23	0,16	0,22	0,2	0,2	0,17	0,21	0,15	0,2	0,17
	0,19	0,16	0,21	0,15	0,22	0,19	0,21	0,16	0,2	0,16	0,21	0,16
	0,18	0,17	0,19	0,17	0,21	0,19	0,19	0,15	0,21	0,14	0,21	0,17
	0,18	0,16	0,19	0,18	0,21	0,2	0,2	0,15	0,23	0,13	0,22	0,17
	0,19	0,18	0,2	0,17	0,2	0,19	0,18	0,15	0,22	0,14	0,21	0,15
	0,17	0,17	0,21	0,16	0,21	0,2	0,19	0,16	0,23	0,16	0,21	0,16
	0,18	0,15	0,2	0,15	0,2	0,2	0,19	0,15	0,24	0,15	0,2	0,15
	0,18	0,15	0,2	0,15	0,21	0,21	0,17	0,16	0,24	0,14	0,21	0,16
	0,17	0,15	0,21	0,15	0,22	0,19	0,18	0,17	0,23	0,15	0,22	0,15
	0,18	0,15	0,19	0,15	0,22	0,19	0,18	0,14	0,22	0,15	0,2	0,15
	0,18	0,16	0,19	0,14	0,2	0,2	0,2	0,15	0,21	0,14	0,21	0,14
	0,19	0,15	0,19	0,15	0,19	0,19	0,19	0,15	0,2	0,13	0,21	0,14
Сред.	0,19	0,16	0,23	0,17	0,21	0,20	0,20	0,15	0,23	0,15	0,22	0,17
Макс.	0,23	0,18	0,3	0,19	0,22	0,23	0,41	0,17	0,28	0,19	0,27	0,19