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

На тему «Исследование распределения микромусора на побережьях Финского залива»

Исполнитель Каменская Елизавета Константиновна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Ершова Александра Александровна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

«___»_____2022 г.

Санкт–Петербург

2022

Содержание

Введение .....**Error! Bookmark not defined.**
Глава 1. Общая характеристика района исследования и описание проблемы 5
1.1 Физико-географическая характеристика Финского залива 5
1.2 Проблема загрязнения морским мусором. 16
1.3 Проблема морского мусора в восточной части Финского залива. 20
Глава 2. Методы и материалы исследования.....**Error! Bookmark not defined.**
2.1 Методы исследования 26
2.2 Материалы исследования..... 32
2.3 Общественное мнение о популярности исследуемых пляжей 38
Глава 3. Анализ полученных результатов исследования 41
3.1 Анализ общих проб разных фракций мусора 41
3.2 Анализ проб микромусора 44
3.3 Анализ изменения загрязненности Финского залива микромусором в сравнении с исследованиями 2019-2020 гг. 51
Заключение 54
Список использованной литературы..... 56

Введение

В процессе формирования общества и всех устоев, которые в нём существуют, важной задачей является сохранение природы. Однако из поколения в поколение данное требование перестаёт передаваться и иметь силу «закона». Последние года оказались достаточно сложными для всех россиян, так как на них пришлось много бед. Например, новая эпидемия, с которой до сих пор борются врачи, забрала огромное количество жизней. Были введены новые санкции по отношению к нам от стран Запада, что привело к разрыву дипломатических отношений, повлекших расторжение разных совместных научных исследований бассейна Балтийского моря. Конечно, всё это не может не сказаться на изменении отношения граждан к окружающей среде.

Экологическая проблема Финского залива уже давно беспокоит всех жителей города на Неве. С побережья Финского залива регулярно собирают десятки пакетов с пустыми бутылками и пенопластом, а со дна достают сети, покрышки и доски. Из-за необходимости ношения латексных перчаток и масок во время пандемии всё волонтёры всё больше стали находить эти отходы.

Объектом исследования выступает часть бассейна Балтийского моря, включающая в себя побережье восточной части Финского залива.

Предметом исследования является любой мусор, выброшенный в морскую акваторию, в частности в прибрежную зону, а также морской мусор, выносимый на побережье с Финского залива.

Целью данного исследования является оценка загрязненности побережья морским микромусором и установление особенностей его распределения на побережьях восточной части Финского залива.

Для достижения вышеуказанной цели выполнены следующие задачи:

1. Изучить литературу по исследованиям микромусора на побережьях Финского залива.
2. Дать физико-географическую характеристику исследуемого района.
3. Оценить загрязненность прибрежной зоны морским микромусором на основе данных мониторинга.
4. Проанализировать распределение морского микромусора на побережьях восточной части Финского залива.

Глава 1. Общая характеристика района исследования и описание проблемы

1.1 Физико-географическая характеристика Финского залива

Давая характеристику исследуемого района, нам необходимо обратить внимание на его историю развития во времени и пространстве и динамику изменения рельефа, а также на прогнозы дальнейшего изменения изучаемого объекта, иными словами, нам нужно рассмотреть его геоморфологическое и гидродинамическое состояния. Также следует выяснить, как на исследуемый район влияет климат, географическое положение, города и заводы, находящиеся рядом с этим районом и сбывающие в его воды производственные отходы, содержащие в себе различные вредные химические элементы. Также следует проследить воздействие на него человеческого фактора, выражающегося в виде засорения территории микромусором, имеющим различные виды и несколько уровней опасности.

Финский залив имеет долгую и интересную историю развития. Начиная с VI века через Финский залив проходил путь «из варяг в греки», позже на нем основывалась торговля с Европой. Немаловажным является и тот факт, что дно этой торговой артерии считается одним из крупнейших кладбищ погибших кораблей, потому что суда в нём тонули целыми флотилиями в результате попадания на рифы или скалы. Так, в соответствии со статистикой конца 1990-х годов, только в территориальных водах РФ было насчитано около 5000 объектов, включая самолеты и другие транспортные средства. Финский залив не раз менял своё название. Например, В IX веке новгородцы называли его «Водской пятиной». Позже его стали именовать «Котлинским озером». Такое наименование происходило от названия острова, расположенного в 30 км западнее центра Санкт-Петербурга. Уместным будет упомянуть и то, что происхождение

Финского залива предопределено его тектоническим строением. Так, он расположен на контакте осадочных пород Русской плиты, то есть центральной части Восточно-Европейской платформы, расположенной между Балтийским щитом на севере, Украинским щитом на юге и Предуральским прогибом на востоке, и кристаллических образований ее фундамента – Скандинавского щита. Финский залив имеет ограниченный водообмен с Центральной Балтикой и в него поступает большое количество биогенных элементов из сельскохозяйственных источников [1].

Перейдём к рассмотрению основных положений географии, геоморфологии и гидрологии, а также к анализу развития объекта исследования, изображённого на нижеуказанной карте (рис. 1.1).

Рисунок 1.1 - Географическое положение Финского залива

Следует начать с того, что Финский залив омывает берега разных стран с трёх сторон света: с юга – Эстонию, с севера – Финляндию, а с Востока – Россию, что подтверждает его обширное географическое положение. Данный залив представляет собой относительно узкий водный бассейн,

протяженность которого с запада на восток составляет 410 километров. Важно отметить, что в данном регионе глубины увеличиваются с востока на запад, а также с севера на юг. Площадь залива – 29,5 тыс. км2, объем – 1103 км3. Протяженность до г. Санкт-Петербурга, измеренная от полуострова Ханко, составляет 420 км. Значение ширины варьируется от 22 км (в горле залива) до 130 км (на меридиане острова Мощный) [2]. Глубина в Финском заливе уменьшается от горла к вершине. Резкое уменьшение глубины, а также площади поперечного сечения наблюдается между створами Усть-Нарва — остров Мощный на западе и мыс Шепелевский — поселок Озерки на востоке. Эта часть залива называется Невская стенка. Вдоль стенки с юга на север тянется цепь островов, банок, отмелей. В восточной части Финского залива находится много островов, особенно в районе Выборгских шхер. Наиболее крупные острова – Котлин, Березовые, Гогланд, Сескар, Мощный. К крупным полуостровам залива относятся Киперорт, Кургальский, Сойкинский и Куровицкий. Береговая линия имеет ряд выступов в виде мысов (Крестовый мыс, Стирсудден, Кюренниеми и мыс Лисий Нос) [3].

Рельеф дна и склоны залива представлены многочисленными изолированными массивами горной породы, которые остались после разрушения окружавшей его более неустойчивой породы под воздействием различных экзогенных факторов в виде островков и банок. Количество таких островков увеличивается по направлению с запада на восток. Такие формы возникли в связи с разрушением древних пород южной части Балтийского щита, погружающегося до изолинии на географической карте или плане, соединяющей точки одинаковых глубин на 50 метров. Менее выраженным является рельеф вдоль северного края Восточно-Европейской платформы. Причина в том, что здесь преобладает блоковый тип распределения, связанный с разрушением палеозойских пород Северо-Эстонского глинта – плато, протягивающегося вдоль южного берега Финского залива до Ладожского озера [4].

Современный этап геоморфологического образования рельефа Финского залива характеризуется захоронением первичного рельефа из-за активного осадконакопления. Это наиболее проявлено в центральной и восточной частях залива [5]. Рельеф побережья – сложный террасированный. Значительные площади береговой зоны Финского залива, включая прибрежные мелководья, относятся к поверхностям морского аккумулятивного (возникшего вследствие накопления различных отложений), и абразионного (возникшего в результате механического разрушения и сноса горных пород в береговой зоне водоёмов волнами и прибоем) рельефообразования. Эта генетическая группа рельефа на суше обозначается как абразионно-аккумулятивная равнина.

Расположение границы части залива, находящейся на территории Российской Федерации, проходит от устья реки Нарвы на юге, далее, по Нарвскому заливу, на север, огибает остров Гогланд и протягивается до северного побережья залива к западу от входа в Выборгский залив [2].

Практически повсеместно в пределах восточной части Финского залива и его береговой зоны верхняя часть геологического разреза представлена позднеледниковыми и послеледниковыми четвертичными отложениями. Обнажения коренных пород встречаются на отдельных участках берегов и подводного берегового склона, а также на вершинах подводных поднятий западной части Выборгского залива [6].

Флювиогляциальные отложения в береговой зоне занимают незначительные площади и распространены в виде затопленных озовых гряд [7]. Восточная часть Финского залива состоит из открытой акватории и пяти крупных заливов второго порядка. На территории акватории расположены Выборгский и Нарвский заливы, Лужская и Копорская губы. На востоке Финский залив замыкается Невской губой, которая в результате постройки специальных сооружений, называемых «дамбами», превратилась в мелкий водоём. Площадь Невской губы составляет 320 км^2 при длине в 25 км и

ширине 15 км. Финский залив является почти пресным, особенно в Невской губе и до о. Котлин (это связано с сильным стоком р. Невы), далее вдоль южного берега к западу соленость возрастает (в Лужской губе на поверхности - 3‰) [8]. На количество солености сильное опресняющее влияние оказывает сток впадающих в него рек. Таким образом, в направлении с востока на запад, по мере уменьшения влияния речного стока, соленость воды в заливе возрастает, то есть при большем удалении от восточной к западной части залива происходит повышение уровня солей в воде.

Общая гидрологическая характеристика восточной части Финского залива во многом схожа с прилежащими районами Балтийского моря и отличается от них резкими изменениями водного режима по таким параметрам, как уровень воды, температура и солёность. Циркуляция вод в этой части залива характеризуется наличием системы постоянных разнонаправленных течений в совокупности с временными волновыми, сгонно-нагонными, дрейфовыми и стоковыми явлениями. Постоянное входящее течение направлено с запада на восток вдоль его северного берега. Более мощное выходное течение идёт в диаметрально-противоположном направлении от устья реки Невы вдоль южного берега. При изменении гидрометеорологических условий вся система течений координально меняется. С подходом к острову Котлин большая часть воды уходит в Северные ворота и меньшая в Южные. После ухода большей части воды поток встречает на своем пути преграду в виде Ораниенбаумской отмели, из-за которой часть его отклоняется в южном, а затем и восточном направлениях, образуя слабое противотечение вдоль южного берега губы [9].

Характеризовать систему течений восточной части Финского залива можно следующими тезисами:

– Для суммарных течений при любых направлениях ветра общей чертой является более или менее выраженный выносной характер: более

сильная ветвь течения направлена вдоль северного берега, более слабая – вдоль южного.

– При ветрах северных и северо-восточных, восточных и юго-восточных направлений в заливе сохраняется система стоковых течений, при этом усиливаются выносные течения. Наивысшая скорость течения - в проливах между материком и островами.

– При ветрах южных направлений схема поверхностных течений в заливе представляет сложную картину, состоящую из ряда крупных и малых циркуляций. Выносное течение из Невской губы, идущее вдоль южного побережья, прослеживается до середины залива. Вдоль северного побережья выносное течение прослеживается вдоль всего залива в виде узкой полосы [10].

– При ветрах западных и юго-западных направлений возникают встречные поверхностные течения, ослабляющие сточные течения, идущие из вершины залива, что способствует нагонным явлениям. Выносное течение прослеживается только под северным берегом залива.

- У Северного побережья из-за резкого изменения рельефа дна так же возникает небольшое противотечение. Около 80% всей воды в Невской губе находятся в транзитной зоне, остальные 20% вовлекаются в водоворотные зоны. Такая система течений сохраняется в течении 50 -70% времени года и не зависит от маловетреных погодных условий (см. рис 1.2) [11].

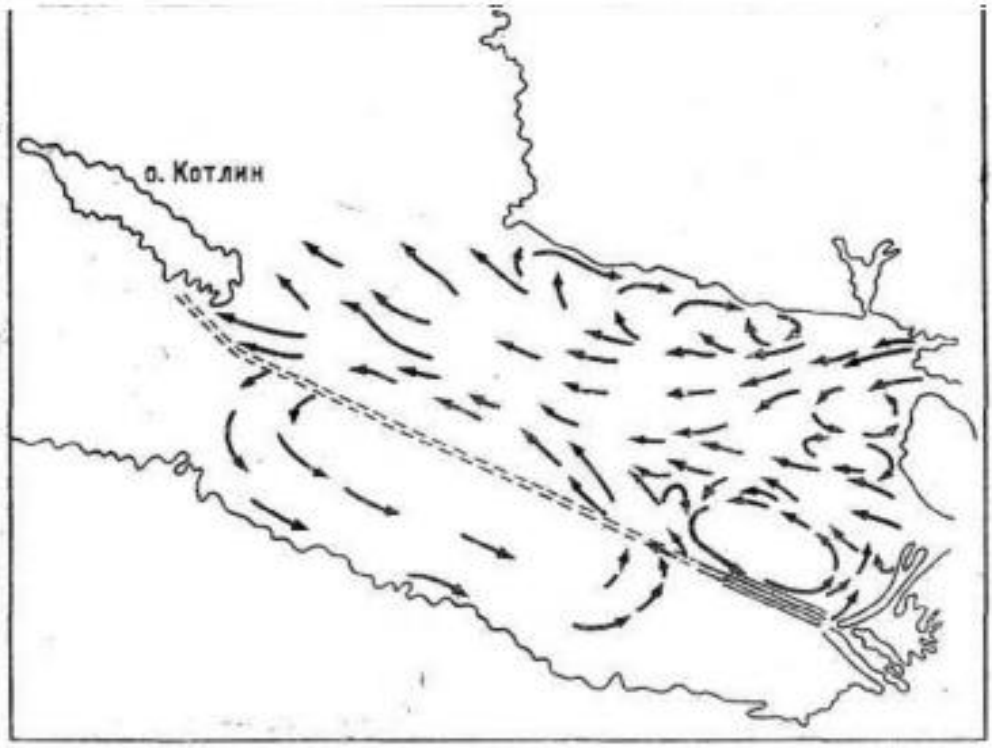

Рисунок 1.2 – Система течений в Невской губе (при отсутствии ледяного покрова в маловетреную погоду)

На формирование берегов восточной части Финского залива оказывают влияние субаэральные и тектонические процессы.

Техногенные берега разной протяженности сформировались в последние годы и в окрестностях портовых городов Приморск и Ломоносов, а также на отдельных участках Копорской губы. Для многих берегов свойственен невысокий уступ размыва. Активные абразионные уступы достигают наибольшей высоты в южной береговой зоне у форта Красная Горка. Вдоль всего побережья Выборгского залива проходят шхерные берега ледниково-тектонического происхождения. Юго-восточнее, включая г. Сестрорецк, протяженные абразионные участки берегов сменяются абразионно-аккумулятивными. Для данной территории характерны валунно-галечные бенчи и невысокие клифы (около 1 м). Большие высокие клифы (до 30 м) отмечаются на южном побережье Финского залива, где также широко развиты абразионные (особенно на выступающих мысах и полуостровах) и

абразионно-аккумулятивные берега. Наиболее протяженные песчаные пляжи расположены в Нарвском заливе (около 20 км) и в районе Сестрорецка (12 км) [12].

Также в Восточной части залива согласно классификации [13] встречаются следующие виды берегов (рис 1.3). Берег Выборгского залива относится к группе берегов, сформированных субаэральными и тектоническими процессами и мало измененных море. Берега устьевых участков крупных рек относятся к группе берегов, которые формировались преимущественно под воздействием неволновых факторов. Остальные берега Финского залива сформировались преимущественно волновыми процессами. Самым распространенным является тип выравнивающихся абразивноаккумулятивных бухтовых берегов. Встречаются небольшие по протяженности участки выровненного абразивного берега (м. Флотский — м. Песчаный), выровненного аккумулятивного берега (от пос. Солнечное до Сестрорецка и в восточной части Нарвского залива), вторичнорасчленного абразивноаккумулятивного бухтового берега (пос. Большая Ижора). Берега восточной части Невской губы считаются техногенными, так как претерпели существенное антропогенное воздействие [14].

Большинство берегов выглядят как невысокий (около 1 м) уступ размыва. Абразионные уступы достигаются наибольшей высоты (до 30 м) в районе форма Красная Горка [7].

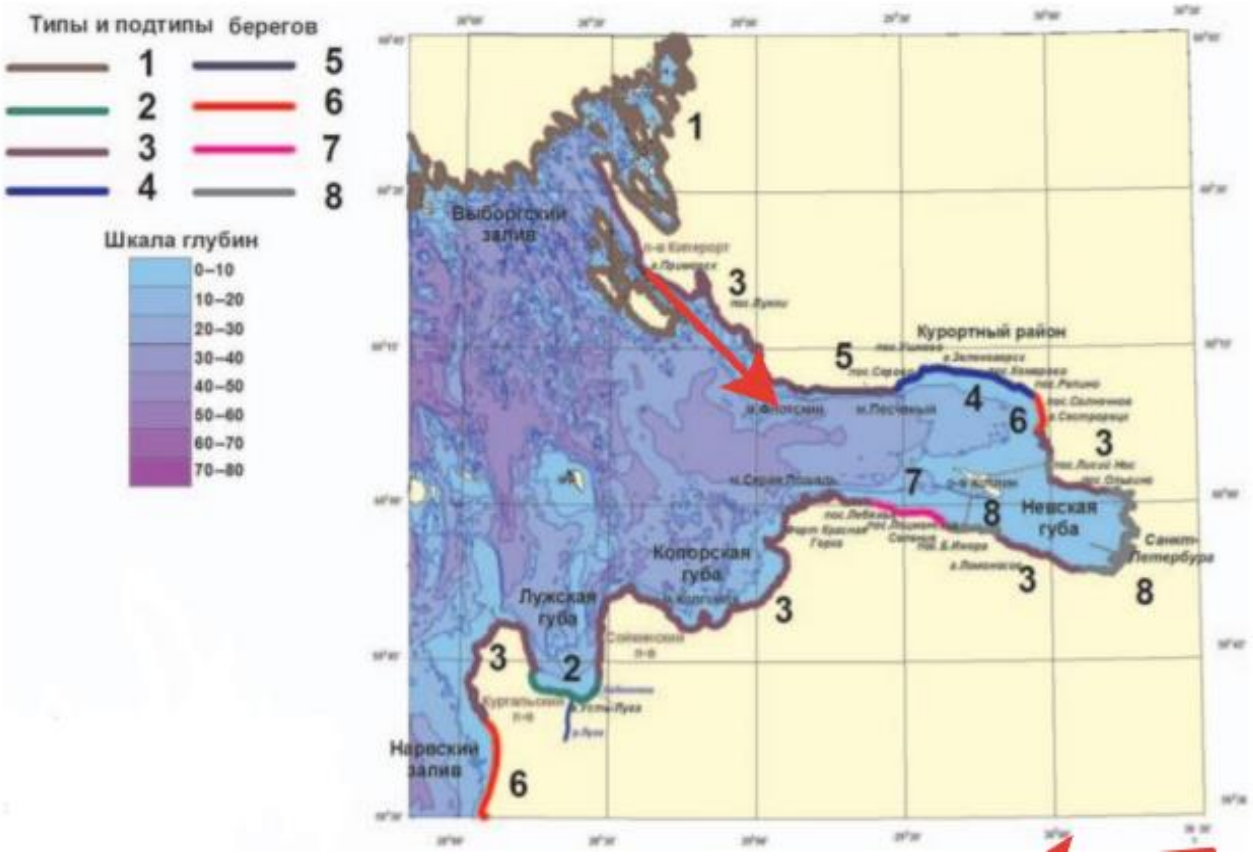

Рисунок 1.3 – Схема типа берегов в Восточной части Финского залива. 1 - шхерный; 2 – берега аллювиальных равнин; 3,4 – абразионно-аккумулятивный бухтовый; 5 – абразионный; 6 — аккумулятивный; 7 - абразионно-аккумулятивный бухтовый; 8 – техногенный.

Северный и южный берега Российской части Финского залива отличаются. Северный берег от Санкт-Петербурга до г. Приморска характеризуется длинными и широкими песчаными пляжами, которые чередуются с валунными берегами, далее, западнее Приморска, берег становится типично шхерным, он сложен кристаллическими породами. В акватории много маленьких островов, сложенных гранитами и ледниковыми образованиями. На этих островах песчаные пляжи небольшие. Южный берег, песчаный или валунный, возник в результате размыва ледниковых отложений. Тип берега – типичный бухтовый с большими заливами второго порядка или губами: Копорской, Лужской и Нарвской [3].

Изучая климатические условия данного района, следует отметить, что данный климат формируется под воздействием влажных и сухих воздушных масс, под влиянием периодического появления воздушных масс арктического происхождения, а также постоянного возникновения, развития и перемещения в тропосфере умеренных и высоких широт крупномасштабных атмосферных возмущений с пониженным и повышенным приповерхностным давлением (рис. 1.4). Финский залив располагается в умеренном климатическом поясе. Для этого района характерна частая смена погоды, перепады атмосферного давления, переменные ветра и сезонная смена погоды. Особенности территории - высокая влажность воздуха, теплое и сырое лето и холодная зима с чередующимися оттепелями [15].

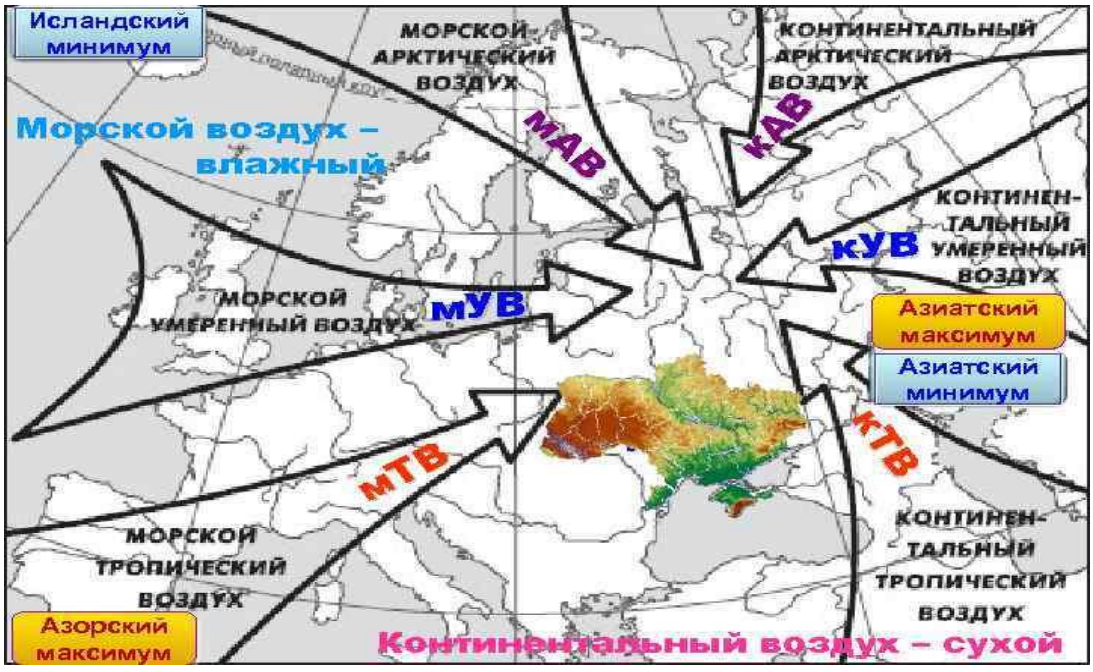

Рисунок 1.4 - Климатические условия Финского залива

Температура воды в заливе около 0°С удерживается в феврале-марте, а температурный максимум приходится на август. Летний слой температурного скачка располагается на глубине 15 м. В зимнее время конвекция достигает наибольших глубин в 70-80 м. Лед образуется практически ежегодно, но время его существования и площади

распространения сильно меняются, вплоть до возникновения практически безлёдных периодов или наоборот повышенной ледовитости. Средние даты установления ледового покрова приходятся на ноябрь-декабрь, максимум ледовитости достигается в феврале – марте. Морозная погода и устойчивый снежный покров иногда устанавливаются в конце октября, особенно в годы с интенсивными и частыми вторжениями арктического воздуха [16]. Окончательное очищение ото льда в суровые зимы происходит во второй половине мая, в последние годы, как правило, в марте – апреле.

На территории Финского залива в весенне-осенний период наблюдаются такие метеорологические явления как град, туман, сильные порывы ветра, переходящие в ураган или смерч, которые могут вызывать наводнения, а также сильные и продолжительные дожди, размывающие дороги и вызывающие сели. Максимальные наводнения связаны с прогрессивными вынужденными волнами, находящимися в резонансе с двигающимися над Балтийским морем и Финским заливом с запада на Восток циклонами. При входе в восточную часть Финского залива движение волны усиливается вследствие сужения поперечного сечения бассейна. В зимний период, который длится чуть больше трёх месяцев, прослеживается выпадение обильного количества осадков, что связано в зимний период времени с преобладанием больших потоков воздуха, направленных с запада на восток. Летом же наблюдается в большей степени умеренно теплая и влажная погода, однако, из-за конвективной облачности в этом регионе распространены сильные порывы ветра и идут обильные дожди.

Одной из главных причин изменения климатических и геоморфологических условий Финского залива является расширение городов и постройка в них заводов, сбрасывающих все производственные отходы в воды залива.

1.2. Проблема загрязнения морским мусором

Под морским мусором понимаются любые стойкие, изготовленные или обработанные твердые материалы, выброшенные и оставленные в морской и прибрежной среде. Его можно классифицировать по размеру: макромусор (>2,5 см), мезомусор (0,5 - 2,5 см) и микромусор (<0,5 см) [17].

В первую очередь морской мусор – это то, что выбрасывается в воду жителями и гостями городов, расположенных в непосредственной близости от морей. Например, окурки, пластиковые бутылки (разложение в природе длится примерно 450 лет), детские подгузники (450 лет), алюминиевые банки (200 лет), пакеты (от 700 до 1000 лет), средства личной гигиены и другие бытовые отходы. Пластик распространен по всему океану, это происходит за счет его твердости, глобальности потенциальных источников и легкости перемещения поверхностными течениями.

Исследования показали, что 80% морского мусора – пластмасса [18]. Пластиковый мусор встречается в настоящее время во всём океане. Морской пластик может иметь прямые социальные и экономические последствия. Плавающие обломки представляют трудности для судоходства и уже стали причиной многих несчастных случаев, некоторые из которых привели к фатальным последствиям. Экономические потери включают цену бездействия и расходы на действия (например, уборку пляжей). Обломки пластика в море могут привести к снижению доходов в результате сокращения количества вылавливаемой рыбы и количества туристов, так как людей может оттолкнуть присутствие мусора.

В 2017 году первый глобальный анализ производства, использования и конечного состояния пластика показал, что более 70% всего когда-либо произведенного пластика теперь является отходами — 6,3 млрд тонн из 8,3 млрд тонн — и что лишь 9% когда-либо перерабатывалось [19]. Ожидается, что при сохранении данной тенденции к 2025 году океан будет содержать

одну тонну пластика на каждые три тонны рыбы, а к 2050 году пластика в морской среде станет больше, чем рыбы [20]. Во многих местах по всему миру пластиковые отходы утилизируются неправильно и в конечном итоге оказываются на несанкционированных свалках или полигонах под открытым воздухом, откуда они в большом количестве попадают в океаны через реки и другие водные пути либо переносятся в них ветром. Пластиковые отходы оказывают негативное воздействие и на земле, загрязняя почвы и подземные воды.

Наибольшее количество морского мусора накапливается в местах круговой циркуляции течений, около береговой линии и в бухтах. В некоторых населенных пунктах отходы, выброшенные на берег, занимают целые пляжи. В итоге, это негативно влияет и на экологию, и на популяцию птиц, рыб, и на эстетическую привлекательность прибрежных зон.

Безопасность окружающей среды является обязательным условием устойчивого общественного развития. Этим фактором во многом обусловлена объективная необходимость изучения влияния отходов производства на состояние природы. Производственные предприятия генерируют опасные и токсичные химические вещества, которые загрязняют воды [21]. Отходы могут возникать в виде сточных вод, твердых веществ, летучих соединений или газов, которые выбрасываются в воздух. Наиболее выраженными являются свалки, на которые свозятся все отходы.

В настоящее время ежегодно только из средств гигиены и чистящих средств в море попадает до 80 тонн пластика. Но это далеко не главный источник микропластика. Исследование, проведенное Агентством по окружающей среде Норвегии, предварительно показало, что основной источник микропластика – это автомобильные шины, от которых при движении по дорогам отделяются микрочастицы. Второй по значительности источник микропластика – краска и техническое обслуживание кораблей и лодок для туристов. Следующим источником микропластика являются

изделия из пластика, распадающиеся в процессе биоразложения на микропластик. Для Балтики пластиковый мусор является особенно тяжелой проблемой, так как обмен воды в Балтийском море происходит медленно, все частички пластика, которые туда попадают, остаются там и превращаются в микропластик. В ближайшее время надеяться на значительное сокращение выпуска пластикового мусора не стоит, поскольку это невыгодно экономически. Пластик очень просто и дешево производить, к тому же у него отличные эксплуатационные характеристики. И даже если необыкновенным образом вдруг резко понизится производство пластика, вследствие инерции потребители будут требовать его, будут требовать одноразовых пластиковых предметов. Кроме того, уже огромное количество пластика, макромусора выброшено, и он будет постепенно переходить в категорию микро. То есть, получается, что микропластик – это очень серьезная причина для беспокойства. И стоит очень хорошо подумать, что с этим возможно сделать. Очевидно, что проблема микропластика требует дальнейшего и детального изучения. Особенно это касается прибрежно-морских вод Российской Федерации. Исследования здесь пока носят эпизодический характер, вместе с тем первые попытки системного наблюдения за микропластиком в прибрежных водах предприняты в акваториях Амурского и Уссурийского заливов (Японское море).

Пластиковые отходы, включая микропластик, представляют собой существенную угрозу морской среде. И это без учета такого эффекта, как физическое накопление пластиковых частиц в телах морских объектов, которое приводит к нарушению пищеварительного процесса и последующей их гибели. Некоторые люди считают, что пластиковый мусор оказывает лишь эстетическое влияние. Однако ряд исследований показал, что пластиковый мусор оказывает значительную пагубную роль в судоходстве, прежде всего это касается безопасности мореплавания. Крайне негативное влияние оказывают биогеохимические процессы, происходящие с пластиком в

морских акваториях. Гидролиз, фотолиз и микробиологические восстановительные реакции разрушают полимерную основу пластика, и он более активно подвергается выветриванию и деформациям. Это приводит к образованию фрагментов различной размерности, включая микроскопические. Пластик разрушается в морских акваториях от нескольких месяцев до десятков лет. Таким образом, следует отметить все более увеличивающее количество фрагментированных полимеров, называемых микропластиком. Разные исследователи неодинаково определяют понятие «микропластик». Так, М. Грегори и А. Андради считают, что микропластик представляет собой едва заметные частицы, свободно проходящие сквозь сетчатый фильтр с диаметром ячейки в 500 мкм, но задерживаемые сетчатым фильтром с диаметром ячейки 67 мкм, при этом более крупные частицы именуются ими мезомусором [22]. Также распространенной является размерная градация микрочастиц в выражении менее 5 мм [23].

Следует выделить два основных процесса, приводящих к образованию микропластика: непосредственное попадание в морскую среду: 1) некоторые фрагменты (микро- и наночастицы), используемые в потребительских товарах, попадают в акваторию со сточными водами, например, гранулы, входящие в состав косметических скрабов, или промышленные синтетические абразивы) и 2) выветривание более крупного мусора в морской и прибрежной среде [24]. Пластик способен аккумулировать на своей поверхности многие токсины и загрязняющие вещества, и в то же время является привлекательной «едой» для птиц и рыб. Микропластик все чаще находят в желудках морских рыб, крабов, птиц, а также в морской соли. Таким образом, он не только вредит жизни этих животных, отравляя организм и царапая стенки органов пищеварительной системы, но и легко проникает в пищевые цепи, поднимаясь вплоть до человека. В человеческом организме пластик также может нанести повреждения системам органов.

Стремительный рост загрязнения морской среды и побережий Балтийского моря морским мусором обусловил разработку и принятие Хельсинской комиссией плана действий по значительному снижению загрязнения морским мусором Балтийского моря и его побережий к 2025 году. В регионе Балтийского моря стали проводиться мониторинговые исследования с целью изучения распространения и накопления морского микромусора на суше и в море, а также его воздействие на живые организмы. Наибольшее количество мусора всех фракций обнаруживается на пляжах внутренней части эстуария в Невской губе, несмотря на регулярные уборки пляжей в этом районе. Во внешней части эстуария преобладает микромусор, а в Невской губе преобладает мезо- и макромусор, а загрязнение микромусором выражено в меньше степени.

Микромусор чаще всего выражается в виде микропластика – мелких частиц пластика различных видов. При попадании в водоёмы эти частицы могут взаимодействовать с органическими загрязнителями и адсорбировать их [25].

1.3 Проблема обращения с отходами в Санкт-Петербурге

Согласно данным Территориальной схемы обращения с отходами производства и потребления, опубликованной Комитетом по благоустройству Санкт-Петербурга, жители города производят в год 2,3 млн т/г твердых коммунальных отходов, из которых 2,06 млн т в год производится в результате жизнедеятельности населения [26].

Таблица 1.1 - Общее количество твердых коммунальных отходов, образующихся на территории Санкт-Петербурга (т/год)

Количество твердых коммунальных отходов, образующихся в результате хозяйственной деятельности юридических лиц	287 886,521

и индивидуальных предпринимателей	
Количество твердых коммунальных отходов, образующихся в результате жизнедеятельности населения	2 060 419, 437
Количество твердых коммунальных отходов объектов Министерства обороны Российской Федерации	16 379,774
Итого твердых коммунальных отходов	2 364 685, 728

Таблица 1.2 - Данные о прогнозном количестве твердых коммунальных отходов, образующихся в результате жизнедеятельности населения на территории Санкт-Петербурга

№ района	**Наименование**	**Численность населения, тыс.человек***	**Образование ТКО, тонн в год**
		2020-2021	**2020-2021**
1	Адмиралтейский	159,795	60 993,112
2	Василеостровский	207,482	79 195,049
3	Выборгский	522,746	199 530,057
4	Калининский	529,187	201 988,561
5	Кировский	336,157	128 309,782
6	Колпинский	193,839	73 987,571
7	Красногвардейский	356,628	136 123,481
8	Красносельский	408,026	155 741,892
9	Кронштадтский	44,461	16 970,586
10	Курортный	79,067	30 179,558
11	Московский	352,172	134 422,644
12	Невский	536,137	204 641,348
13	Петроградский	128,075	48 885,715
14	Петродворцовый	143,823	54 896,664
15	Приморский	573,024	218 720,969
16	Пушкинский	226,336	86 391,546
17	Фрунзенский	386,537	147 539,627
18	Центральный	214,572	81 901,274
	Санкт-Петербург	**5 398,064**	**2 060 419,437**

По прогнозу, приведенному в проекте документа, к 2030 году показатель количества ТКО достигнет 2,3 т/г. Расчет делали из норматива – 381,7 кг мусора на человека в год. Для сравнения, в 2000 году этот показатель составлял 250 килограмм на человека.

В ТКО Санкт-Петербурга преобладают следующие типы отходов (%): пищевые отходы – 27,4, бумага и картон – 21,5, пластик – 11,9, стекло – 8,9. Полезные компоненты (потенциальное вторичное сырье) и смешанные ТКО разделены примерно поровну. Для прогнозируемого количества ТКО в 2040 году это составит 1250 тыс. тонн для вторичных ресурсов и 1250 тыс. тонн для смешанных отходов [27].

Таблица 1.3 – Морфологический состав ТКО в Санкт-Петербурге

Тип ТКО	**Относительная доля в общем составе, %**
Органические отходы	27,4
Бумага и картон	21,5
Цветные металлы	3,8
Черные металлы	0,8
Стекло	8,9
ПЭТ (Полиэтилентерефталат – термопластик)	3,4
Пластик высокого давления	1
Полиэтиленовые пленки	7,4
Другие пластики	2,5
Текстиль, кожа, резина	4,3
Дерево	2,5
ПВХ (Поливинилхлорид)	0,1
Инертные материалы	12,8
Прочие материалы	2,8
Итого	**100**

В Санкт-Петербурге действуют две площадки мусороперерабатывающего предприятия, на котором используется технология по переработке отходов методом аэробного компостирования – Санкт-Петербургского государственного унитарного предприятия «Завод по

механизированной переработке бытовых отходов». Они расположены в поселке Янино Всеволожского района Ленинградской области и на Волхонском шоссе, дом 116.

Метод аэробного компостирования работает по следующей схеме:

1. Первый этап – сортировка, здесь из ТКО извлекается вторичное сырье: лом черных металлов и цветных металлов и сплавов, полимерное вторсырье, стекло, макулатура. После сортировки вторсырье утилизируется, в том числе для последующей переработки.

2. Второй этап - обезвреживание и переработка твердых коммунальных отходов в биобарабанах диаметром 4 м, длиной 60 м и объемом 750 м³. В результате свежие органические вещества, разлагаясь, превращаются в устойчивое вещество перегнойного типа – компост.

3. Последний этап – линия сортировки, где происходит отделение некомпостируемых включений твердых коммунальных отходов – балласта. В итоге получаются продукты утилизации, пригодные для дальнейшего использования.

Говоря о переработке мусора, необходимо уделить особое внимание пластику, так как перерабатывать его намного сложнее, чем, например, бумагу и картон. Существует огромное количество видов пластика, основных семь: 1–ПЭТ, 2–ПНД, 3–ПВХ, 4–ПВД, 5–ПП, 6–ПС, 7 —смесь пластиков, каждый из них обычно также разделяется на подкатегории. Последний сдать в переработку крайне сложно, так как крайне малое количество российских заготовителей принимает его в обработку (рис. 1.5).

Рисунок 1.5 – Состав принимаемого в обработку пластика в рамках исследования Greenpeace в 2021 году

По данным карты экологического движения "Раздельный сбор", в Петербурге на 1 июня 2022 года имеется около 4500 пунктов приёма пластика [27]. Однако некоторые из них перестали работать из–за вступления Петербурга в мусорную реформу в январе этого года [28].

Важно заметить, что из общего количества пластика на переработку попадает около 7% отходов, в то время как более 90% отвозятся на свалки.

Таким образом, глядя на статистику, мы убедились, что жители Санкт-Петербурга выбрасывают огромное количество отходов (381 тонн ТКО в год на человека), большая часть которого попадает на свалку и не перерабатывается. Для улучшения экологической ситуации в области системы обращения отходами в городе необходимо атигировать жителей сортировать мусор и сдавать его на переработку. Наилучшим решением этой задачи, на мой взгляд, является поддержка экономического стимула участников мусорной цепи – не только жителей, непосредственно сдающих мусор на переработку, но и волонтеров, а также компаний, занимающихся

переработкой мусора – и закрепление жестких законов на законодательном уровне.

Глава 2. Методы и материалы исследования

2.1. Методы исследования

Как мы знаем, наука является сложной системой знаний, которая позволяет нам разрабатывать новые методики, предназначенные для дальнейшего положительного влияния на развитие мира. Без разработанного плана нельзя построить работу таким образом, чтобы всё проходило плавно и без происшествий, поэтому методы, которые готовятся заранее, могут позволить избежать неприятных результатов. Древние греки, например, Аристотель, уже применяли такое понятие как «методология». В современном понимании методологией считается система принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности, а также учение об этой системе. Таким образом, совокупность методов обучения, то есть методика, является системой принципов и способов, которая позволяет равномерно и поэтапно достигать поставленной цели. В нашей работе мы рассмотрим такую методику, как мониторинг исследования распределения морского мусора на побережьях Финского залива. Благодаря мониторингу можно определить тенденции в количестве мусора, выброшенного на берег или отложенного на береговых линиях, включая анализ их состава, а также его пространственного распределения. Количество мусора на берегу можно относительно легко оценить во время исследований, которые могут проводить не только профессиональные сотрудники со специальным техническим оборудованием, но и начинающие специалисты, например, студенты с использованием несложного оборудования. В связи с этим исследование побережья является не просто эффективным в силу амбициозности и стремления к улучшению своей жизни молодых специалистов, но и менее затратными способом получения большого количества информации, необходимой нам для проведения анализа

и дальнейшего уменьшения загрязнения не только побережья Финского залива, но и всей окружающей среды в целом.

Перед тем как мы начали осуществлять мониторинг побережья, нами были рассмотрены все возможные источники морского мусора, несколько пляжей, расположенных на разных частях Финского залива, и предложены периоды их мониторинга.

Выявление основного мусора и занесение его в список позволил оценить масштаб выбрасываемых волнами или оставленных туристами на пляже источников морского мусора. В процессе мониторинга было выявлено, что этим мусором чаще всего являются предметы, которые происходят от рыболовства или мусора, смываемого в канализационные системы. Также нами наблюдалось непосредственное загрязнение пляжей самими туристами и отдыхающими на них лицами.

В июне-июле 2021 года нами были исследованы побережья следующих территорий (рисунок 2.1):

- Парк 300-летия СПб
- Лахта
- Жемчужный пляж
- Александрия
- Большая Ижора
- Солнечное
- Зеленогорск
- Западный Котлин

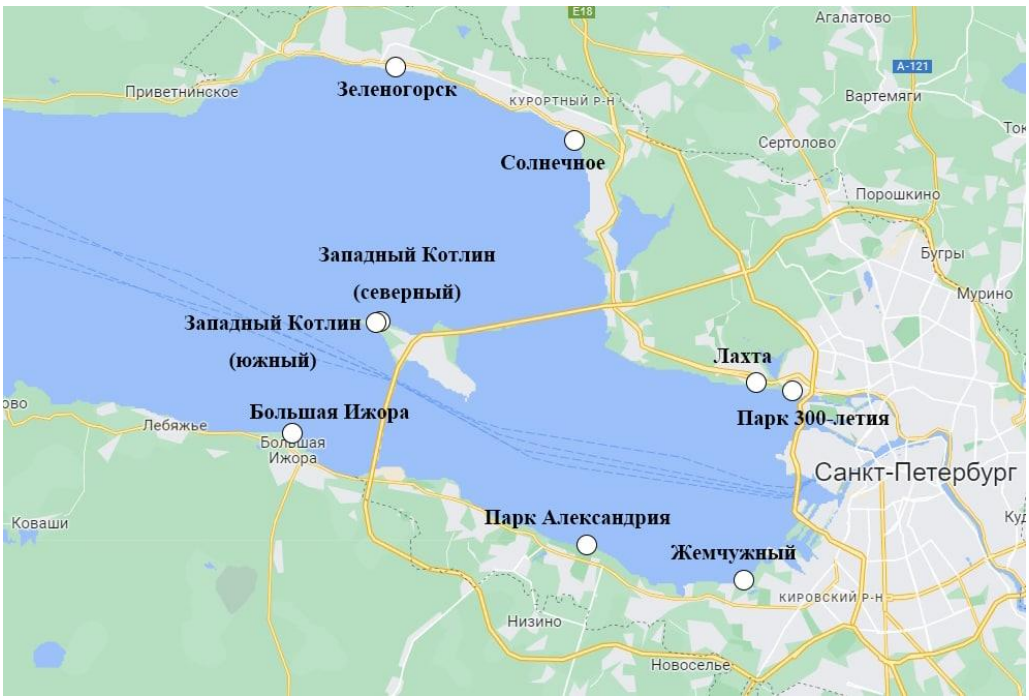

Рисунок 2.1 – Карта исследуемых пляжей

Все вышеперечисленные территории были исследованы фрейм-методом. Также некоторые пляжи – Зеленогорск и Большая Ижора – были исследованы дополнительно рейк-методом. Эти международные методы мониторинга морского мусора были разработаны в Институте изучения Балтийского моря им. Лейбница. Метод SandRake («грабли») и Frame-метод предназначены для оценки аккумуляции крупных частиц микро-мусора (2-5 мм), а также мезо-мусора (5-25 мм) в верхнем слое песка (30-50 мм) [29]. Мы выбрали данные методики, так как они являются международно признанными: их используют для подобных исследований по всему миру. Благодаря этому, есть возможность сравнивать результаты с другими странами и делать выводы о тенденциях распределения морского микромусора в масштабах не только Балтийского моря, но и Мирового океана.

В процессе анализа фрейм-методом первым проделанным нами шагом была визуальная съемка мусора вдоль линии воды, площадью 40 м^2: 4 метра в ширину и 10 в длину. На месте отбора проб выполнялся контрольный разрез в качестве доказательства того, что мы не влияем на результаты,

выбирая местоположение места отбора проб (рис. 2.2). Следующий пробоотбор выполняется на расстоянии 10 м от уже исследованного участка. Все предметы антропогенного происхождения собирались и подсчитывались. Для определения микромусора, который визуально обнаружить практически невозможно, мы отбирали пробы в двух квадратах площадью 1 $м^2$ внутри участка. Также важно пометить эти квадраты в самом начале, чтобы не повредить их. Первый квадрат Т1 (рис. 2.3) помещается в самый загрязненный участок в зоне зоны заплеска. Второй квадрат Т2 расположен на расстоянии 3 метров (от края квадрата Т1).

Рисунок 2.2 – Местоположение двух участков площадью 40$м^2$

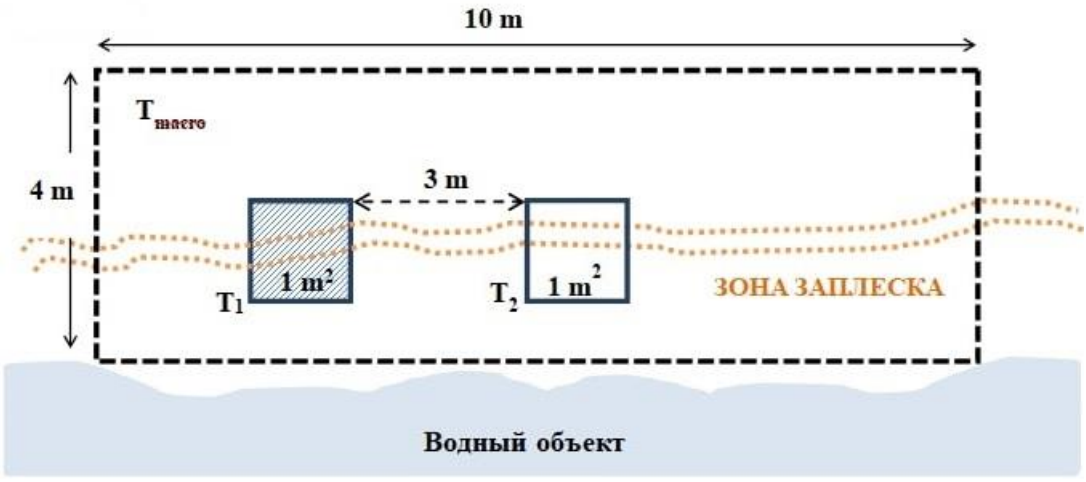

Рисунок 2.3 – Местоположение квадратов площадью 1$м^2$ внутри участков

При отборе проб микромусора нами было использовано металлическое сито, шпатель и ведро. В процессе взятия проб верхние 2 см песка были собраны металлическим шпателем и помещены в металлическое сито. Сито осторожно и не полностью погружали в наполненное наполовину водой ведро и вручную потряхивали, пока весь песок не просеется (рис 2.4).

Данную процедуру мы повторяли до тех пор, пока не убедились, что просеян весь квадрат отбора поверхностного песка (рис 2.5).

Рисунок 2.4 – Процесс анализа фрейм методом

Рисунок 2.5 – Рабочее место после проведения исследования

Территориями, исследуемыми рейк-методом, стали пляж, находящийся на территории Зеленогорска, и пляж в посёлке Большая Ижора. Важно отметить, что рейк-метод применяется между линией воды и линией растительности вдоль всего пляжа. Если отсутствует линия растительности, то мониторинг заканчивается в зависимости от конкретного типа береговой линии. Для проведения исследования данным методом нам необходимо было

использовать специальный инструмент в виде граблей с отверстиями в виде сита (рис 2.6). Использование сетки с размером ячейки 5 мм и 2 мм является достаточным. Когда это возможно, можно использовать сразу 2 мм.

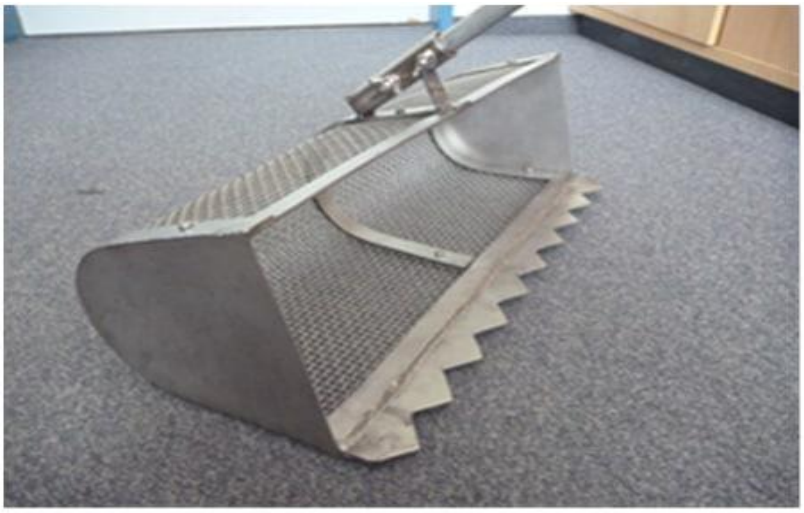

Рисунок 2.6 – Грабли для просеивания песка

Отбор проб песка мы начинали делать с нулевой позиции. Отобранный материал в граблях встряхивался до тех пор, пока все фрагменты меньше, чем размер ячеек, не просеются через грабли. Крупный или влажный песок не просеивался сразу, поэтому данную процедуру необходимо было повторять несколько раз. Важно отметить, что песок при встряхивании не должен встряхиваться за пределы граблей. Также важно, чтобы мусор и песок не выдувало ветром. Любой вид мусора, обнаруженный в граблях, должен был быть проанализирован на месте и по возможности отправлен в лабораторию. Найденные частицы микромусора, а также камни и органический материал удалялись и помещались за пределы зоны мониторинга. Все что осталось в граблях, было помещено в пластиковый пакет и зарывалось внутри соответствующего сегмента до тех пор, пока отбор проб не закончится. Для каждого сегмента необходим отдельный пластиковый пакет с соответствующим названием пляжа, датой, номером сегмента и с пользуемой информацией о размере сетки для обеспечения информацией о количестве и распределении мусора.

2.2. Материалы исследования

При проведении работы и во время её нахождения разного вида микромусора, мы подсчитывали и заносили его в специальную таблицу, которая содержит в себе большой список элементов мусора, распределенных по категориям. В связи с её громоздкостью и отсутствием элементов микромусора по многим пунктам таблицы на территории каждого отдельного пляжа мы будем выносить на обозрение лишь те, которые были заполнены при проведении исследования

Исследования проводились на десяти различных территориях, представленных в таблице (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Исследованные пляжи летом 2021 года

Название места	Координаты, с.ш. в.д.	Дата	Время	Метод
Парк 300-летия Санкт-Петербурга	59.981069, 30.198247	14.06.2021	11:30-15:25	Фрейм-метод
Поселок Лахта	59.987615, 30.158009	17.06.2021	11:40-14:00	Фрейм-метод
Парк Александрия (г. Петергоф)	59.885264 29.939216	18.06.2021	18:11-19:47	Фрейм-метод
Жемчужный пляж	59.862245, 30.138387	21.06.2021	10:56-12:37	Фрейм-метод
Пляж Ласковый (пос. Солнечное)	60.140763 29.929818	24.06.2021	11:58-13:30	Фрейм-метод
Зеленогорск	60.187795, 29.694684	02.07.2021	15:13-17:50	Фрейм-метод Рейк-метод
Заказник Западный Котлин (северное побережье)	60.028504, 29.666766	05.07.2021	13:40-14:40	Фрейм-метод
Заказник Западный Котлин (южное побережье)	60.027827, 29.657604	05.07.2021	15:04-16:01	Фрейм-метод
Большая Ижора	59.956347, 29.558911	07.07.2021	11:33-13:47	Фрейм-метод Рейк-метод

Первой исследуемой территорией в соответствии с таблицей стал Парк 300-летия Санкт-Петербурга. Этот парк является одним из самых посещаемых мест города, особенно летом, когда в особенно жаркую погоду люди едут сюда искупаться в заливе. Накануне перед исследованием проводилась уборка пляжа, поэтому антропогенного мусора на побережье почти не было. Людей в день отбора проб было очень много.

Рисунок 2.7 – Проведение исследования в Парке 300-летия Санкт-Петербурга 14.06.2021

Второй исследуемой территорией стал Посёлок Лахта. Пляж находится недалеко от предыдущего места исследования, пляжа Парка 300-летия Санкт-Петербурга, однако в отличие от него является не реакреационным, а техногенным. На территории пляжа было найдено большое количество техногенного мусора, в частности ватных палочек и синтетических салфеток. На пляже в этот день также проводилась уборка волонтерами.

Рисунок 2.8 - Проведение исследования в поселке Лахта 17.06.2021

Рисунок 2.9 – Волонтеры в поселке Лахта 17.06.2021

Третьей по списку территорией является пляж в Парке Александрия, который находится в городе Петергофе. В связи с тем, что пляж находится на территории парка, он тщательно убирается. В день проведения исследования на пляже находилось большое количество туристов.

Еще одной выбранной для исследования территорией является пляж Жемчужный, расположенный на юге г. Санкт-Петербурга. Этот пляж

находится на юге города в довольно плотно заселенном районе, в связи с чем имеет большую рекреационную нагрузку. Из-за большой нагрузки на пляж в день исследования было довольно сложно найти незанятую часть зоны заплеска, в связи с чем данные с этого места могут быть недостаточно достоверными.

Рисунок 2.10 – Проведение исследования на Жемчужном пляже 21.06.2021

Следующей территорией в соответствии с таблицей является пляж Ласковый, расположенный в посёлке Солнечное. Пляж находится на севере города в Курортном районе и является довольно популярным местом отдыха летом. Этот пляж является убираемым, и на нем в день исследования также находилось много людей.

Рисунок 2.11 – Проведение исследования на Ласковом пляже 24.06.2021

Другой исследуемой территорией был пляж в Зеленогорске под названием Золотой пляж. Он также находится на северном побережье и является популярным местом для отдыха. Данный пляж регулярно убирается. Исследования для него мы взяли сразу двумя способами: фрейм-методом и рейк-методом.

Рисунок 2.12 – Проведение исследования на Золотом пляже 02.07.2021

На территории заказника Западный Котлин нами было решено взять пробы с двух пляжей: северного и южного. Причина такого решения в том, что эти побережья абсолютно различны по морфологии, что видно также по фотографиям (рис. 2.13 и рис. 2.14). Зона заплеска северного пляжа более песчаная, в то время как южного более каменистая. Также северный пляж имеет большую рекреационную нагрузку, чем южный, который считается, скорее, диким. Оба пляжа тщательно убираются, так как находятся в пределах заказника.

Рисунок 2.13 – Проведение исследования на северном пляже заказника Западный Котлин 05.07.2021

Рисунок 2.14 – Проведение исследования на южном пляже заказника Западный Котлин 05.07.2021

Последней территорией, исследуемой летом прошлого года, был пляж в поселке Большая Ижора, находящийся на южном побережье Невской губы. Данная местность имела наименьшую рекреационную нагрузку из всех исследуемых. Также этот пляж был выбран вторым для проведения отбора рейк-методом.

2.3 Общественное мнение о популярности исследуемых пляжей

Мной был проведён небольшой социологический опрос среди молодёжи с целью выяснить насколько часто жители города посещают исследуемые пляжи. В опросе приняло участие 27 человек молодого возраста (20-30 лет), проживающих в г. Санкт-Петербурге. В соответствии с проведённым социологическим опросом (рис. 2.15) более половины (15 человек) опрошенных не ездят отдыхать на пляжи, выбранные нами для исследования. Из пляжей в списке наибольшей популярностью обладает пляж в Парке 300-летия Санкт-Петербурга (9 человек), пляж Ласковый (2 человека) и пляж в парке Александрия (1 человек).

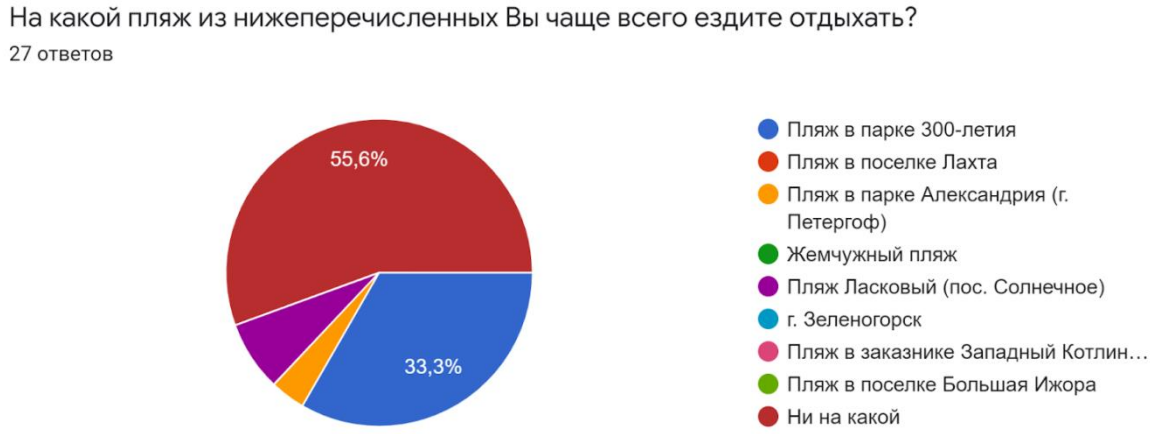

Рисунок 2.15 – Диаграмма популярности исследуемых пляжей

Следующим был задан вопрос: «На каких пляжах из перечисленных Вы бывали хотя бы один раз?». Наибольшей популярностью все так же пользуется пляж в Парке 300-летия Санкт-Петербурга (20 человек), следующими по популярности стали пляж в парке Александрия и г. Зеленогорск (9 человек), также высокий результат у пляжа Ласкового (8 человек). Наименьшей популярностью отличается пляж в поселке Большая Ижора: в этом месте не бывал ни один человек из опрошенных.

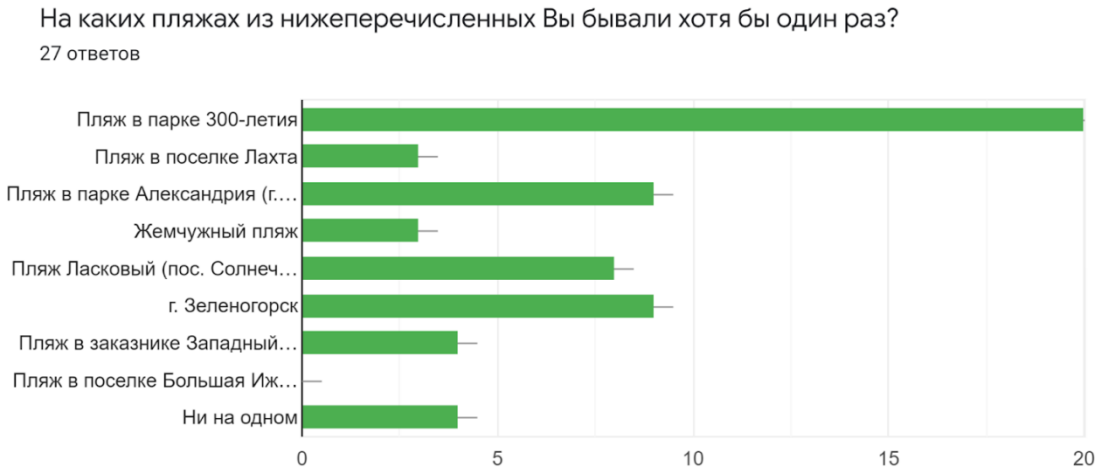

Рисунок 2.16 – Исследование посещаемости исследуемых пляжей

Также мной был задан вопрос о частоте посещения пляжей жителями города. Около 30% опрошенных (8 человек) ответили, что ни разу не посещали пляжи за прошедший год. Оставшиеся 70% (19 человек) посещали пляжи хотя бы раз, из них 18,5% (5 человек) посещали пляжи как минимум три раза.

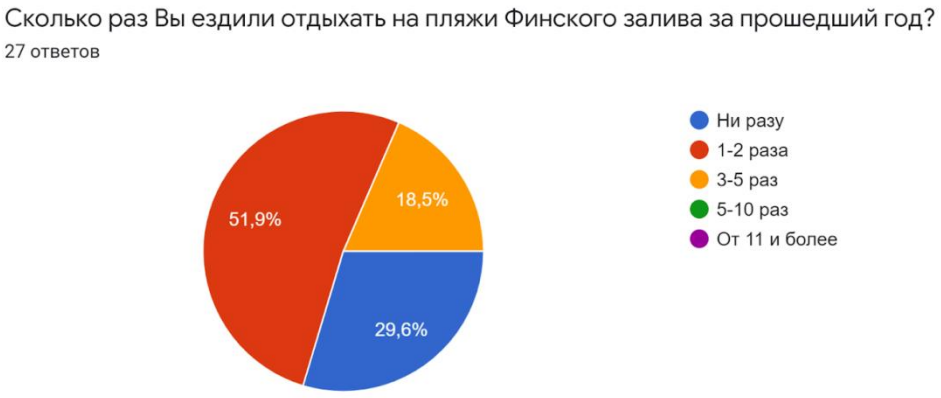

Рисунок 2.17 – Исследование частоты посещения пляжей жителями Санкт-Петербурга

Исходя из предоставленной информации, можно сделать вывод, что большинство людей хотя бы раз в год выезжает отдохнуть на пляж. Чаще всего, люди выбирают для отдыха городские пляжи, поэтому нагрузка на них

намного выше, что стоит учитывать при анализе загрязненности исследуемых территорий.

Глава 3. Анализ полученных результатов исследования

3.1 Анализ общих проб разных фракций мусора

Для более наглядного представления информации о соотношении фракций мусора я воспользовалась программой QGIS и составила карту с диаграммами, на которых отображены доли фракций найденного нами мусора: макромусор (>25 мм), мезомусор (5-25 мм), микромусор (<5 мм) (рис. 3.1).

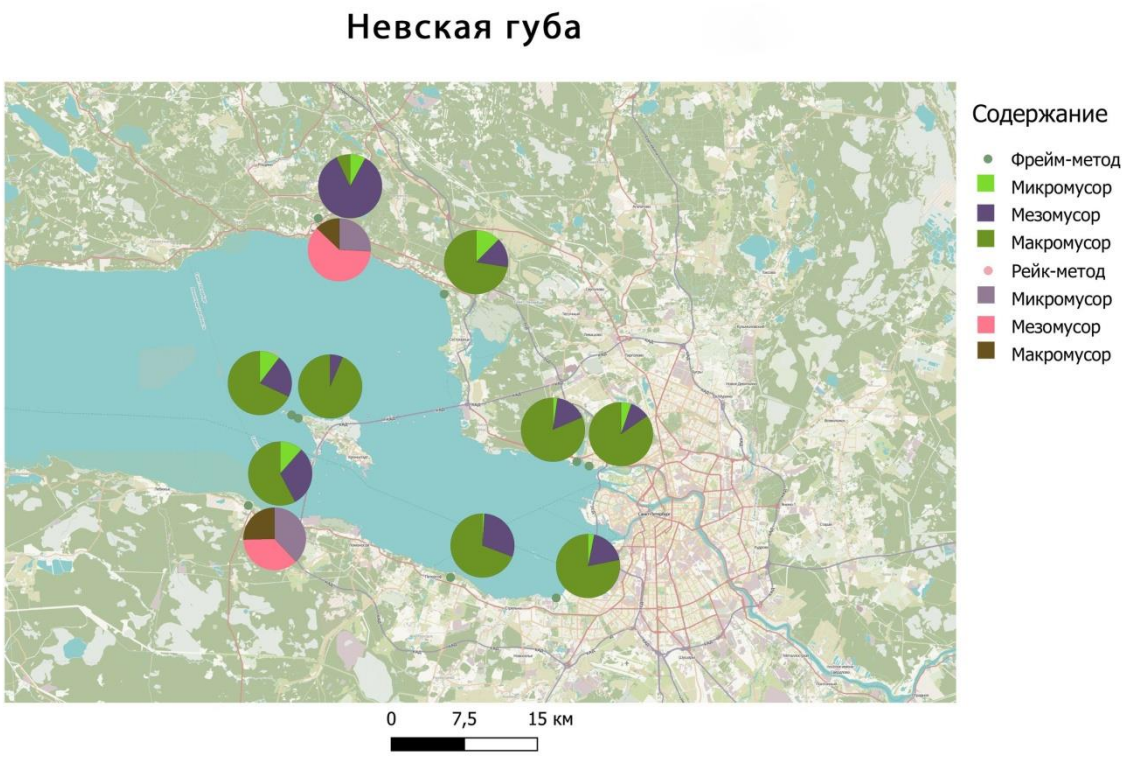

Рисунок 3.1 – Карта распределения морского мусора на побережьях Финского залива по фракциям (микромусор, мезомусор, макромусор)

Как видно на карте, наиболее часто в зоне заплеска встречаются макрочастицы (>25 мм), в подавляющем большинстве случаев их доля составляет более половины от общего числа найденного мусора.

Единственное место, выпадающее из этого списка, это пляж в Зеленогорске, на котором было найдено большое количество мезочастиц (5-25 мм), представляющих из себя осколки стекла (рис. 3.2). Причина такого большого соотношения мезочастиц заключается, вероятно, в том, что пляж является убираемым и макрочастицы удаляются эффективнее.

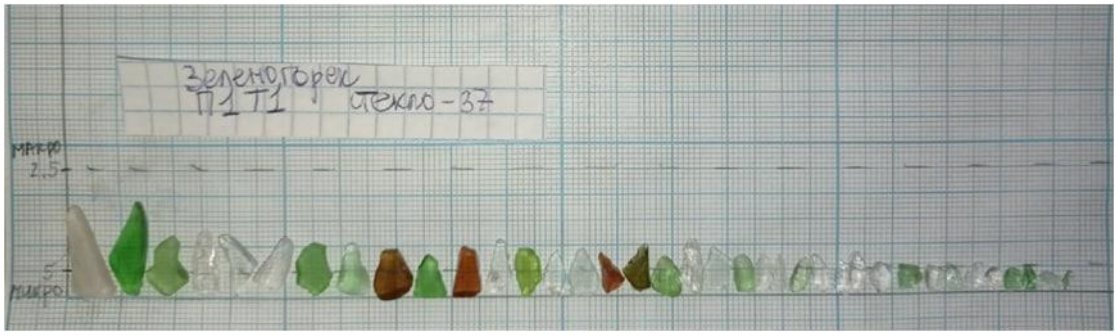

Рисунок 3.2 – Определение размера частиц, отобранных фрейм-методом в Зеленогорске

Как мы видим, соотношение фракций проб, отобранных рейк-методом, значительно отличается от соотношения фракций проб, отобранных фрейм-методом. Доля макромусора на участке пляжа г. Зеленогорска составляет около 12%, в поселке Большая Ижора – около 25%. Мезомусора на участке г. Зеленогорск более половины, в поселке Большая Ижора – около 33%. Микромусора на первом участке около 26%, на втором – около 33%.

Большое процентное содержание микро- и мезомусора в сравнении с фрейм-методом обусловлено тем, что небольшие частицы мусора вымываются с зоны заплеска и задерживаются далее, в зоне аккумуляции, где и берутся пробы.

Также была подсчитана концентрация мусора на территории. Площадь каждого из исследуемых участков, пробы которых отбирались фрейм-методом, составляла 40м^2. Соответственно для расчета концентрации общее количество мусора каждой из фракций было поделено на 40 м^2. Информация отражена на линейной диаграмме (рис. 3.3).

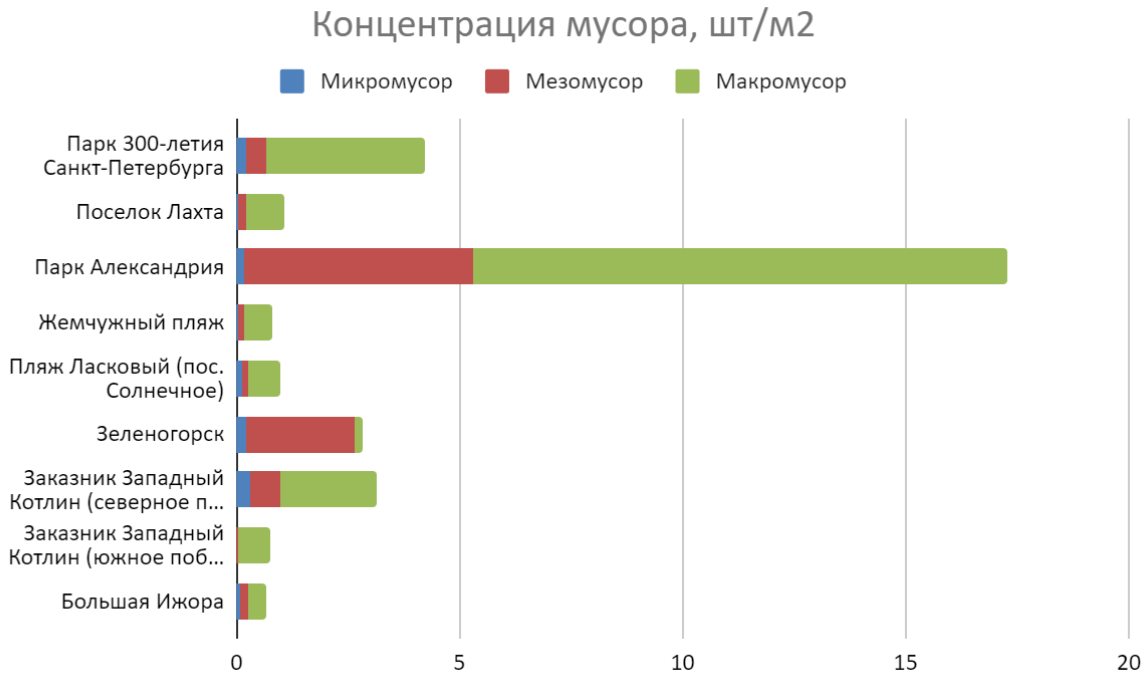

Рисунок 3.3 – Соотношение концентраций мусора в зоне заплеска Финского залива

Как видно из диаграммы, пляж Парка Александрия сильно выделяется большим значением концентрации мусора, на этой территории оно составляет 17,275 шт/м^2. Большая часть этого мусора – стекло, что объясняется наличием поблизости Ломоносовского стекольного завода. Также большая концентрация мусора наблюдается в Парке 300-летия Санкт-Петербурга – 4,225 шт/м^2, что можно объяснить тем, что это наиболее популярный из представленных пляж, который находится в черте города, соответственно на данной территории самая большая антропогенная нагрузка. Следующий по загрязненности пляж – северный пляж заказника Западный Котлин, там концентрация мусора составляет 3,125 шт/м^2, большая часть из которого – металлы и строительный мусор, что можно связать с близостью морского порта. Также важно отметить, что концентрация мусора на северном пляже в разы выше чем на южном (3,125 и 0,775 шт/м^2 соответственно). Далее идет пляж г. Зеленогорска – там концентрация

составляет 2,85 шт/м^2, большую часть которой составляют мезочастицы стекла.

На диаграмме (рис. 3.4) представлено соотношение концентраций, выраженное в шт/м^2, для территорий, пробы которых отбирались рейк-методом. Площадь исследуемых участков составляла 50 м^2.

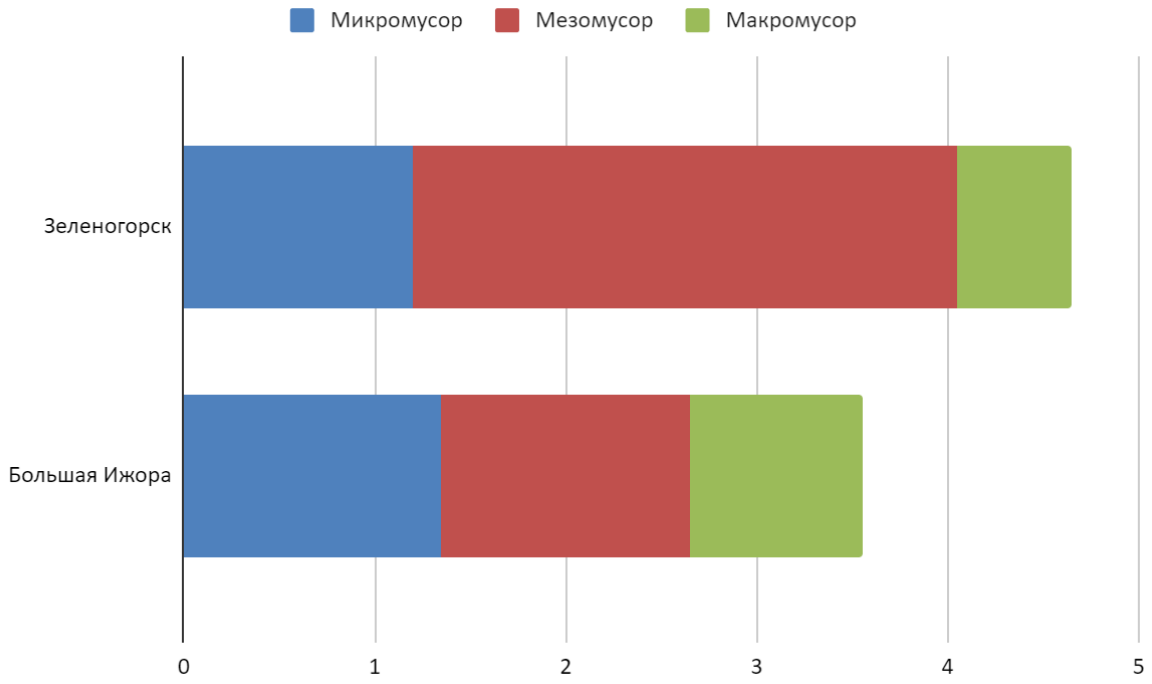

Рисунок 3.4 – Соотношение концентраций мусора в зоне аккумуляции Финского залива, шт/м^2

Концентрация мусора на территории Зеленогорска составляет 4, 65 шт/м^2. На территории поселка Большая Ижора это значение - 3,65 шт/м^2.

3.2 Анализ проб микромусора

На карте (рис. 3.5) изображены диаграммы с составом микромусора по категориям: пластик, бумага, металл, стекло, другое. Диаграммы проб, отобранных рейк-методом, обведены, для более удобного представления информации.

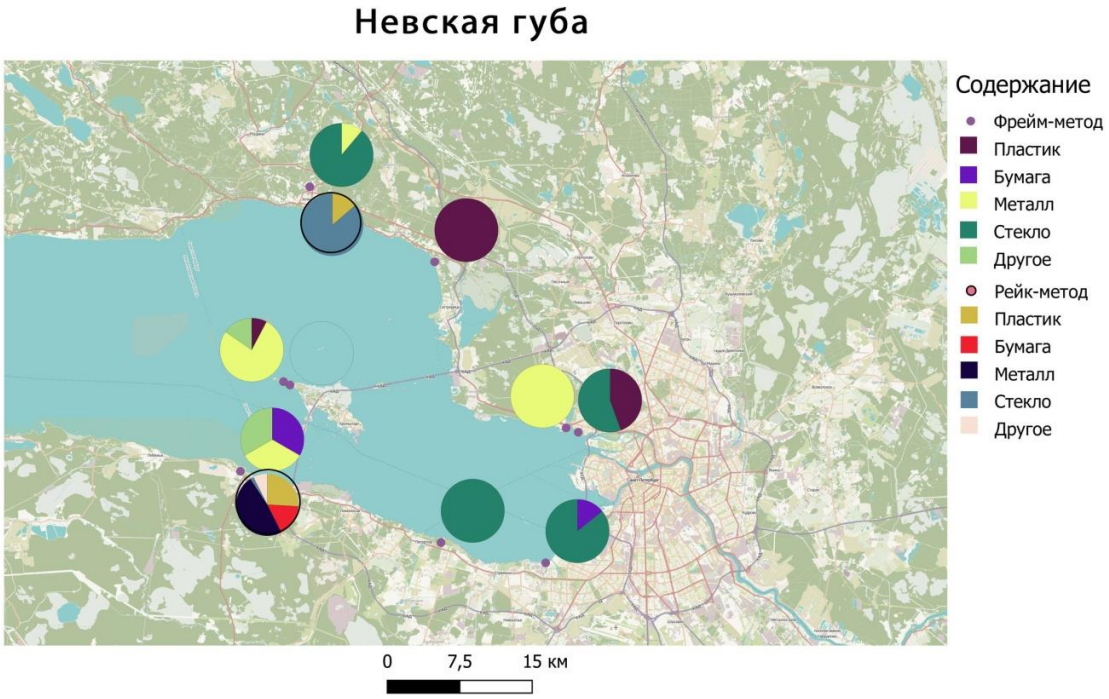

Рисунок 3.5 - Карта состава морского микромусора на побережьях Финского залива (пластик, бумага, металл, стекло, другое)

На рисунке 3.6 отображен состав микромусора, отобранного фрейм-методом, по категориям, в количествах отобранных частиц (шт)

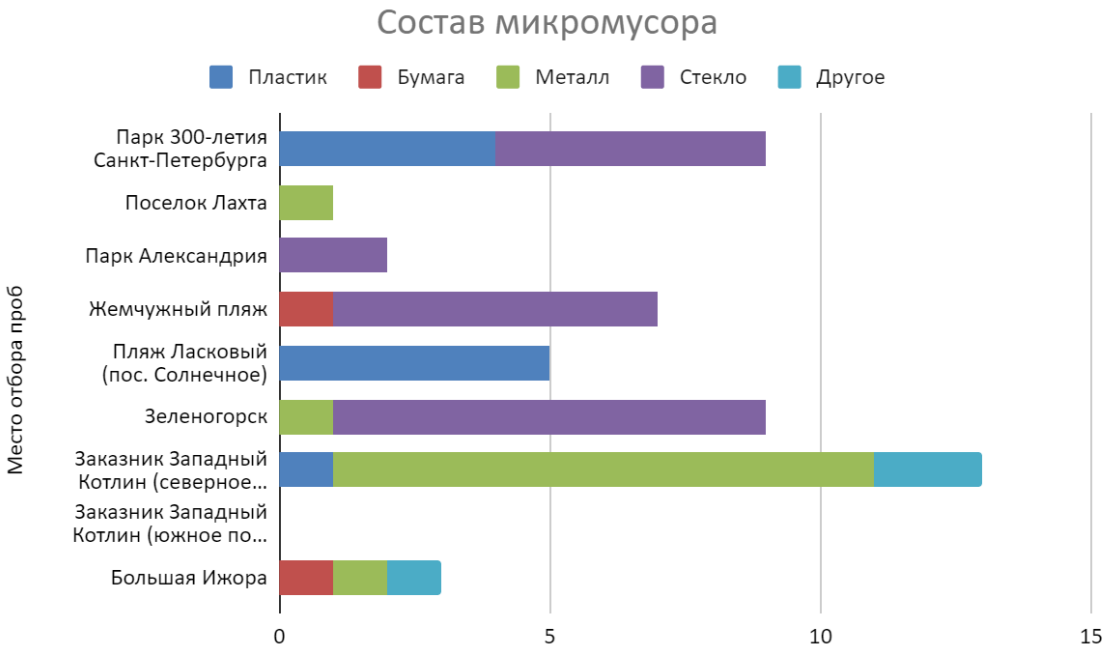

Рисунок 3.6 – Состав микромусора в зоне заплеска Финского залива

Как мы видим, состав найденного микромусора разнообразен.

Микропластик составляет значительную долю на пляже Парка 300-летия Санкт-Петербурга и пляже Ласковый. Эти пляжи отличаются высокой антропогенной нагрузкой. К тому же территория пляжа Ласкового находится не в пределах Невской губы, а на побережье Финского залива, за комплексом защитных сооружений от наводнений, так называемой дамбой. Дамба играет большую роль в распределении мусора на побережьях Финского залива, так как весь мусор, который не попал в воды Невской губы, позже, проходя через водопропускные и судопропускные сооружения, по течению отправляется на ближайшие пляжи, расположенные за дамбой.

Рисунок 3.7 – Схема Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Д-1 – Д-11 – дамбы, В-1 – В-6 – водоочистные сооружения, С-1 и С-2 – судопропускные сооружения

Частицы стекла встречаются на пляжах Парка 300-летия Санкт-Петербурга, Парка Александрия, Жемчужного пляжа и Зеленогорска. Нахождение их на южном побережье (Парк Александрия и Жемчужный пляж) объясняется присутствием Ломоносовского стекольного завода, с которого эти частицы могут выноситься на берег. Парк 300-летия Санкт-

Петербурга отличается высокой антропогенной нагрузкой, поэтому наличие частиц стекла можно связать именно с этой причиной. На территории Зеленогорска также наблюдается высокая антропогенная нагрузка, и он находится за пределами дамбы.

Также важно отметить большое количество микрочастиц металла на северном пляже заказника Западный Котлин, появление которых может быть связано как и с фактором присутствия дамбы, так и с близостью морского порта. Важно отметить, что северный пляж намного более грязный, чем южный. Это объясняется системой течений и самой формой острова: северный пляж более вытянутый, чем южный.

Микрочастицы бумаги были найдены в совсем малом количестве: по одной частице на Жемчужном пляже и на пляже Большой Ижоры. Микрочастицы бумаги в зоне заплеска встречаются крайне редко, потому что бумага растворяется в воде.

Также на территории Большой Ижоры и северного пляжа Западного Котлина были найдены микрочастицы строительного мусора (кирпича). В обоих случаях это можно объяснить присутствием морских портов поблизости.

На рисунке 3.8 представлено распределение микромусора, отобранного фрейм-методом, по весу, выраженное в граммах.

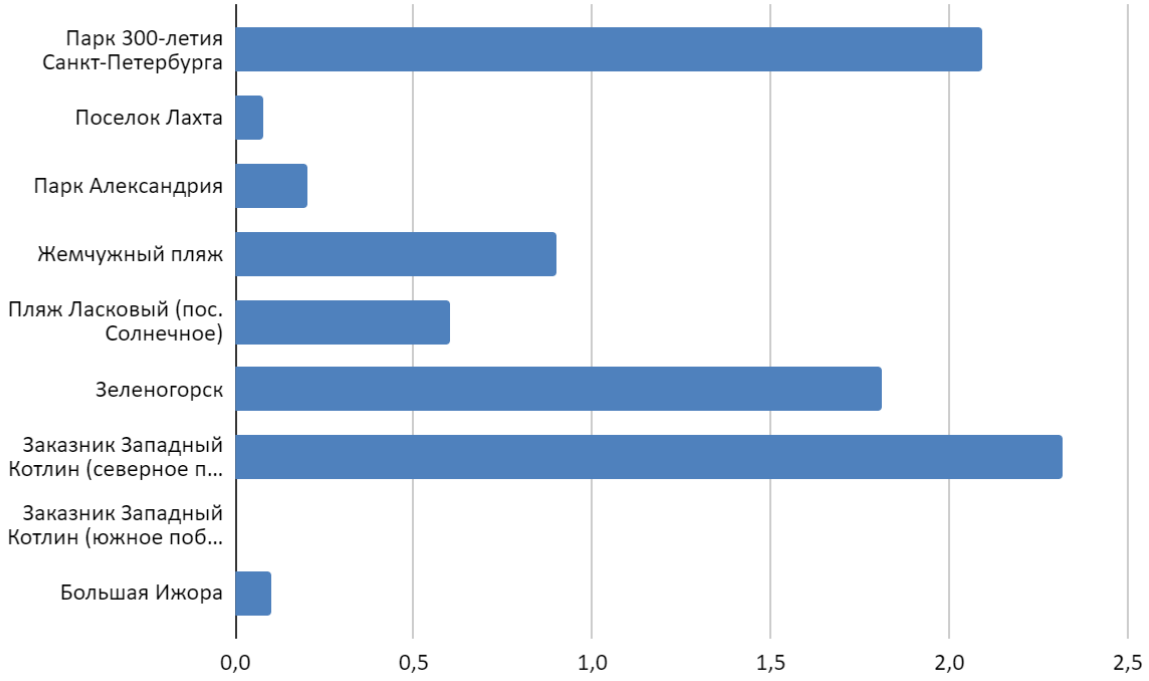

Рисунок 3.8 – Распределение микромусора в зоне заплеска по весу в граммах

Насколько мы видим из диаграммы, наибольшее значение имеют пляжи на северном побережье Западного Котлина (2,32 г), в Парке 300-летия Санкт-Петербурга (2,09 г) и в г. Зеленогорск (1,81 г). Высокий вес найденных частиц объясняется их количеством.

На рисунке 3.9 информация о составе микромусора в зоне аккумуляции представлена в виде диаграммы. Как мы видим, количество частиц в зоне аккумуляции намного выше, чем в зоне заплеска, потому что вымытые частицы не задерживаются на берегу, а постепенно переносятся непосредственно на сам пляж.

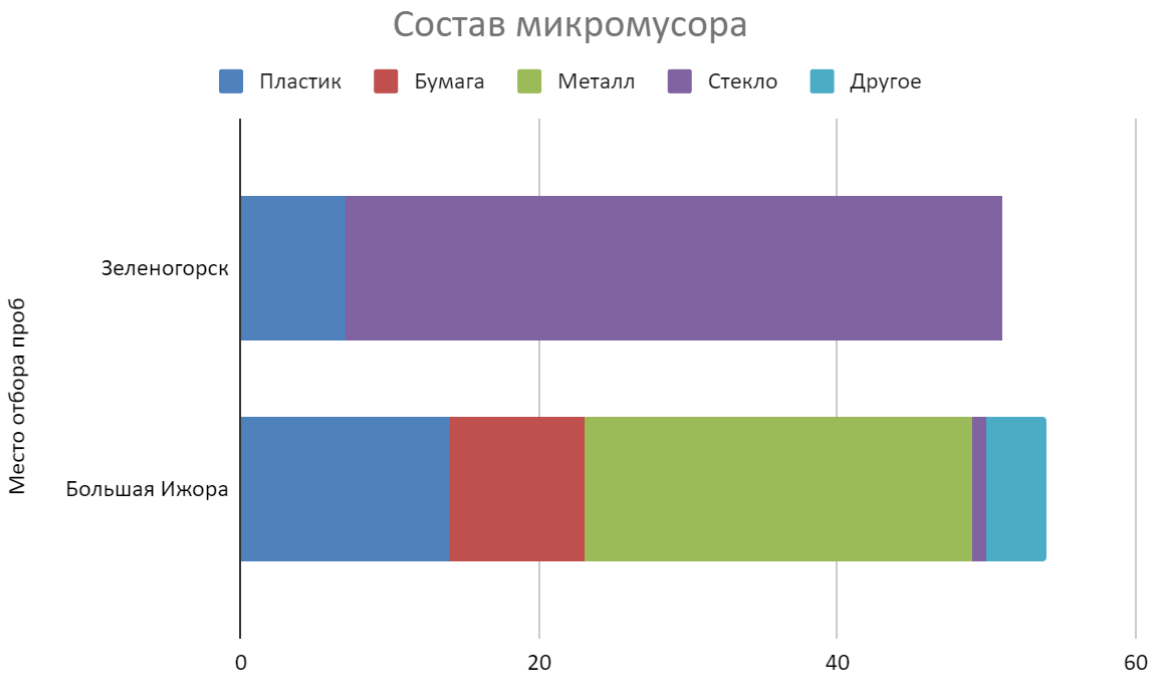

Рисунок 3.9 – Состав микромусора в зоне аккумуляции Финского залива

Как мы видим, на участке пляжа г. Зеленогорск пробы представлены, в основном, стеклом, а также пластиком. Большое количество таких частиц обусловлено высокой антропогенной нагрузкой, а также системой течений.

В то же время на пляже Большой Ижоры состав разнообразен: пластик, бумага, металл, стекло, а также строительный мусор. Этих частиц также найдено большое количество, наиболее часто встречается металл. Большая концентрация металла обусловлена наличием поблизости порта Бронка и контейнерных терминалов у порта в городе Ломоносове (рис. 3.10). Вероятно, это могли быть частицы мусора, образовавшегося при строительстве порта, части обшивок кораблей или контейнеров, попавшие а акваторию залива и затем вымытые на берег.

Рисунок 3.10 – Контейнерный терминал Аврора в Ломоносове

На рисунке 3.11 показана диаграмма с распределением микромусора на территориях, анализ которых проводился рейк-методом.

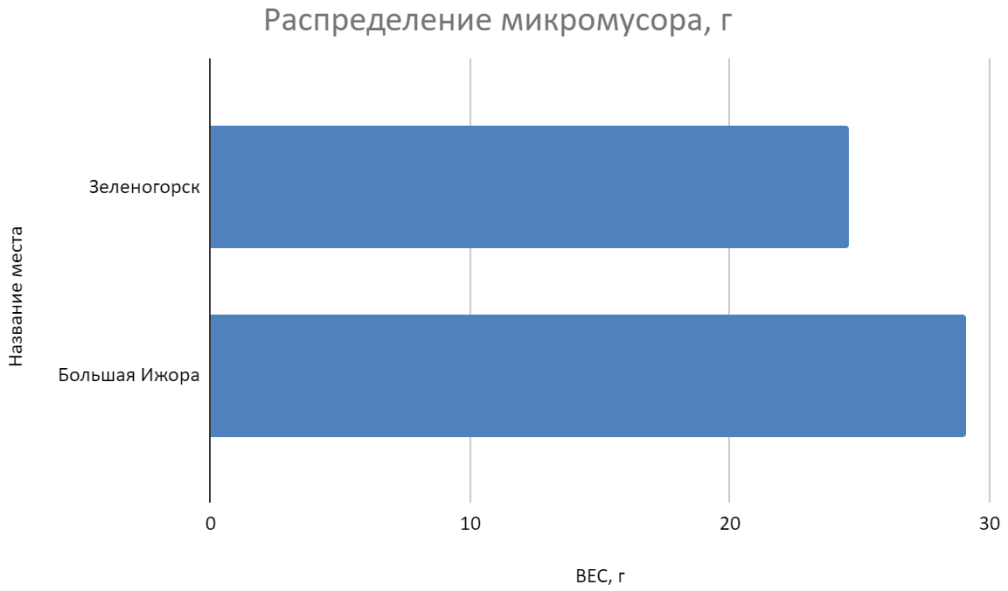

Рисунок 3.11 - Распределение микромусора в зоне аккумуляции по весу в граммах

В связи с тем, что в зоне аккумуляции остается большее количество микрочастиц, чем в зоне заплеска, вес найденных частиц также отличается в

десятки раз. На пляже Большой Ижоры было найдено микрочастиц мусора на 29,07 г, в то время как на территории пляжа Зеленогорска – 24,59 г.

3.3 Анализ изменения загрязненности Финского залива микромусором в сравнении с исследованиями 2019-2020 гг.

Для оценки изменения динамики загрязнения побережья восточной части Финского залива сравним результаты, полученные нами в 2021 году, с результатами похожих исследований, проведенных в 2019 и 2020 гг. [30]

С каждым годом присутствует тенденция к снижению количества микрочастиц на побережьях Финского залива, хоть эта разница варьирует на разных побережьях.

В Парке Александрия концентрация микрочастиц в 2019 г. составляла 10 шт/м^2, в 2020 г. – около 5 шт/м^2, в 2021 году – 1 шт/м^2.

В поселке Лахта в 2019 г. – 5 шт/м^2, в 2020 г. – 4 шт/м^2, в 2021 г. – 0,5 шт/м^2.

В Парке 300-летия Санкт-Петербурга в 2019 г. – 12 шт/м^2, в 2020 г. – 8 шт/м^2, в 2021 г. – 4,5 шт/м^2.

На Жемчужном пляже в 2019 г. – 17 шт/м^2, в 2020 г. – 10 шт/м^2, в 2021 г. – 3,5 шт/м^2.

На северном пляже острова Котлин в 2019 г. – 6 шт/м^2, в 2020 г. – 8 шт/м^2, в 2021 г. – 6,5 шт/м^2.

На южном пляже острова Котлин в 2019 г. – 5 шт/м^2, в 2020 г. – 2 шт/м^2, в 2021 г. - 0 шт/м^2.

На пляже Зеленогорска в 2019 г. – 10 шт/м^2, в 2020 г. – 1 шт/м^2, в 2021 г. – 4,5 шт/м^2.

Таким образом, мы видим, что с каждым годом количество микрочастиц мусора в акватории восточной части Финского залива становится меньше. Вероятно, администрация города обратила внимание на данную проблему и усилила контроль над выбросами отходов в акваторию залива. Также это может говорить о повышении осознанности жителей города в области обращения с отходами.

Уменьшение количества найденных частиц микропластика в 2019 г. и 2020 г. также говорит о положительной тенденции к снижению загрязненности побережий. В 2021 г. таких частиц было найдено не так много, они встречались лишь на двух территориях: в Парке 300-летия Санкт-Петербурга (4 шт/м2) и на северном пляже острова Котлин (0,5 шт/м2).

Далее сравним данные по составу микромусора. В 2019-2020 гг. наблюдалось высокое содержание микропластика - 65%, в то время как в 2021 г. эта доля составляет лишь 20%. В то же время доля стекла выросла значительно (20% в 2019-2020 гг. и 42,9% в 2021 г.), как и металла (5% в 2019-2020 гг. и 24,8% в 2021 г.).

Здесь результаты во многом зависят от территорий, с которых отбирались пробы. Например, в 2021 году пробы с острова Декабристов, на котором содержание пластика наиболее высокое, не отбирались. Тем не менее, уменьшение доли пластика наблюдается, и оно значительное. Это говорит о положительной тенденции к уменьшению загрязнения акватории залива пластиком.

Далее сравним концентрацию микромусора в зоне аккумуляции.

В Зеленогорске в 2019 г. концентрация микромусора была очень высокой, и наблюдалось повышение содержания микрочастиц от зоны берега к зоне растительности: от 1,1 шт/м^2 до 7,9 шт/м^2. В 2020 г. значения были гораздо меньше: до 0,4 шт/м^2. В 2021 г. концентрация в сегментах была следующая: S1 – 0,75 шт/м^2, S2 – 1,4 шт/м^2, S3 – 0,74 шт/м^2, S4 – 0,33 шт/м^2.

Как мы видим, к 2020 году концентрация микрочастиц сильно уменьшилась, видимо, пляж тщательно убирался. Однако в 2021 году концентрация стала увеличиваться.

В Большой Ижоре ситуация обратная: в 2020 году концентрация микромусора выше, чем в 2019 и 2020 гг. Самый высокий показатель 2019 г. – 1,2 шт/м^2, в 2020 г. – 5,5 шт/м^2, в 2021 г. – 1,55 шт/м^2. Такая вариация данных возможна из-за специфики выбора участка для исследования.

Подводя итог, можно сказать, что концентрация микромусора на побережьях Финского залива уменьшается с каждым годом. Особенно важно заметить сокращение пластикового мусора, ведь он является самым опасным. Это положительная тенденция, говорящая о том, что общество обращает внимание на проблему пластикового мусора и принимает меры по его устранению.

Заключение

Изучив литературу, затрагивающую вопросы исследования распределения микромусора на берегах Финского залива, я пришла к выводу, что данная проблема в современном мире является очень актуальной и оказывает большое влияние на окружающую среду.

В ходе исследования мной была дана физико-географическая характеристика Финского залива, где я обратила внимание на его геоморфологическое и гидродинамическое состояние, а также на влияние климата и воздействие человеческого фактора на его развитие.

В ходе работы на основе мониторинга мной были исследованы особенности распространения морского микромусора на побережье восточной части Финского залива и Невской губы, оценена загрязненность пляжей морским микромусором и выявлены его основные источники. К ним мы можем отнести промышленные и сельскохозяйственные отходы, выбрасываемые предприятиями не только в виде жидкости в Финский залив, но и в виде твёрдого материала. Также на загрязнение влияет антропогенное воздействие, так как побережье Финского залива является курортной зоной и туда приезжает большое количество отдыхающих, оставляющих после себя массу отходов.

Для отбора проб мной использовались две методики: фрейм-метод и рейк-метод. Фрейм-метод направлен на отбор проб для анализа с зоны заплеска, в то время как рейк-метод – с зоны аккумуляции.

Фрейм-методом были исследованы такие территории, как Парк 300-летия Санкт-Петербурга, Поселок Лахта, Парк Александрия (г. Петергоф), Жемчужный пляж, пляж Ласковый (пос. Солнечное), Зеленогорск, Заказник Западный Котлин (северное побережье), Заказник Западный Котлин (южное побережье) и Большая Ижора. Рейк-методом были исследованы территории Зеленогорска и Большой Ижоры.

На всех исследуемых мной территориях было найдено много мусора, к наиболее загрязненным можно отнести пляжи Парка Александрия и Парка 300-летия Санкт-Петербурга. В первом случае главную роль играет наличие Ломоносовского стекольного завода поблизости, во втором же, наиболее вероятно, причина загрязненности в том, что это городской пляж с самой высокой антропогенной нагрузкой из перечисленных. Также стоит отметить, что микро- и мезомусор в зоне аккумуляции (отбирался нами рейк-методом) встречается намного чаще, чем в зоне заплеска (отбирался нами фрейм-методом).

Подводя итог проделанной работы, можно с уверенностью сказать, что восточная часть Финского залива нуждается в постоянном экологическом мониторинге и предотвращении источников загрязнения. Для достижения этой цели необходимо проводить следующие мероприятия:

1. Усилить контроль за исполнением законов в области экологической безопасности и охраны водных объектов.

2. Использовать новейшие экологические технологии при строительстве новых объектов на территории Невской губы.

3. Оборудовать пляжи мусорными баками и регулярно проводить уборочные мероприятия.

4. Развивать системы очистки морских вод, чтобы сократить попадание частиц мусора в акваторию Невской губы.

Список использованной литературы

1. Алимов, А.Ф. Экосистема эстуария реки Нева: биологическое разнообразие и экологические проблемы // Под ред. А.Ф. Алимова, С.М. Голубкова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 477 с.

2. Нежиховский, Р.А. Река Нева и Невская губа // Р.А. Нежиховский // Л., Гидрометеоиздат, 1981. - 112 с.

3. Погребов, В.Б. Природоохранный Атлас Российской части Финского залива // В.Б. Погребов, Р.А. Сагитов. - Санкт-Петербург 2006. – 56 с.

4. Малаховский, Д.Б., Грейсер Е.Л. Балтийско-Ладожский уступ // Геоморфология. 1987. № 1. С. 94-98.

5. Давидан, И.Н. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Вып.5, ч.2 // Гидрометеорологические, гидрохимические, гидробиологические, геологические условия и динамика вод Финского залива // Под ред. И.Н. Давидана, О.П. Савчука. СПБ: Гидрометеоиздат, 1997. - 450 с.

6. Усенков, С.М. Донные отложения как индикаторы загрязнения восточной части Финского залива. Навигация и гидрография. // С.М. Усенков. 2005. № 20-21. С. 164- 175.

8. Логвинов, Н.В., Барков Л.К., Усенков С.М., Литология и литодинамика современных осадков восточной части Финского залива. Л., ЛГУ, 1988. - 148 с.

9. Левков, Э.А. Гляциодислокации дна Балтийского моря // Э.А. Левков, Н.И. Свиридов. Тектонические исследования в Белоруссии / под ред. Гарецкого Р.Г.- Минск, 1983. – С.168-174

10. Спиридонов, М.А. Изменение береговой зоны восточной части Финского залива под воздействием природных и антропогенных факторов //

М.А. Спиридонов, Д.В. Рябчук, К.К. Орвику, Л.Л. Сухачева, Е.Н. Нестерова // Региональная геология и металлогения. - № 41. – 2010. – С.107-118

11. Ryabchuk D., Leont'yev I., Sergeev A., Nesterova E., Sukhacheva L., Zhamoida V. The morphology of sand spits and the genesis of long-shore sand waves on the coast of the eastern Gulf of Finland. // Baltica, 2011, 24 (1), p. 13-24

12. Терзиев, Ф.С. Проект «Моря СССР». Гидрометеорология и гидрохимия морей. В 10 томах. Т. III. Балтийское море. Вып. I. Гидрометеорологические условия. Под ред. Ф.С. Терзиева, В.А. Рожкова, А.И. Смирновой.– СПб.: Гидрометеоиздат,1991.– 240 с.

13. Гуделис, В.К. Морфогенетические типы берегов Балтийского моря // В.К. Гуделис. Baltica. 1967. 123–145 с.

14. Ионин, А.С. Классификация типов берегов земного шара (применительно к картам физико-географического атласа мира) // А.С. Ионин, П.А. Каплин, В.С. Медведев. Тр. Океаногр. комиссии АН СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. Т. XII. – С. 94–108.

15. Леонтьев, И.О. Динамика профиля песчаного берега на различных масштабах времени. // И.О. Леонтьев. - Сборник научных трудов «Фундаментальная и прикладная гидрофизика». – 2010. - № 4. - С.78–89.

16. Петров, О.В. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря. // Гл. ред. О.В. Петров. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. — 78 с.

17. Ёнссон, Роберт. «Мониторинг мусора в реках. Источники поступления мусора в реки и мониторинг микромусора» // WRS AB. – 24.02.2017 г.

18. ЮНЕП. Пластиковый мусор и микропластик в мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. 2016, Найроби

19. Geyer, R., Jamberc, J.R., Law, K.L., Production, use, and fate of all plastics ever made, Sci. Adv., 3 7 (2017).

20. World economic forum, Ellen MacArthut Foundation, McKinsey Center for Businuss and environment, The New Plastics Economy Rethinking the Future of Plastics, WEF, Cologny (2016).

21. Некрасов, А.В. Воды восточной части Финского залива // Наши ценности среды обитания – Санкт-Петербург, 2005. – 250 с.

22. Сердюкова, А.Ф. Загрязнение окружающей среды отходами производств // А.Ф. Сердюкова, Д.А. Барабанщиков. — Молодой ученый. — 2018. — № 25. — С.28-31

23. Anthony L Andrady, Persistence of Plastic Litter in the Oceans; Gregory, 2003

22. Fendall, L.S. and Sewell, M.A. Contributing to Marine Pollution by Washing Your Face: Microplastics in Facial Cleansers. 2009

24. Thompson, R., Moore, C., Andrady, A., Gregory, M., Takada, H., Weisberg, S. New directions in plastic debris, Science 310, 2005.

25. Распоряжение Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга от 21.05.2021 № 143-Р "О внесении изменений в распоряжение Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга от 13.07.2020 № 193-р"

26. Территориальная схема обращения с отходами производства и потребления (с учетом распоряжения Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга от 21.05.2021 № 143-Р)

27. Recyclemap. Карта пунктов сбора вторсырья – [Электронный ресурс] - URL: https://recyclemap.ru/spb (дата обращения: 01.06.2022)

28. «Мусорная реформа» в Петербурге – [Электронный ресурс] - URL: https://www.fontanka.ru/2022/01/26/70403300/ (дата обращения: 20.05.2022)

29. M.Haseler, G. Schernewski, A. Balciunas, V. Sabaliauskaite, Monitoring methods for large micro- and meso-litter and applications at Baltic beaches. J Coast Conserv. 2017 DOI 10.1007/s11852 -017-0497-5

30. Кузьмина А.С., Ершова А.А. Загрязнение микрочастицами морского мусора песчаных побережий восточной части Финского залива Балтийского моря. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, №2, 2022 г. (в печати)