

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

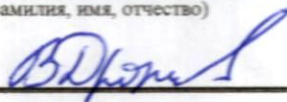
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
бакалавра

На тему «Оценка загрязнения бытовым мусором побережий Финского залива»

Исполнитель Крысанова Карина Анатольевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(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)

«04» 04 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1 Физико-географическое описание района исследования	5
1.1 Физико-географическое описание Невской губы и Финского залива	5
1.2 Характеристика антропогенной деятельности в городе Санкт-Петербург... 11	
1.3 Экологическое состояние Финского залива	17
1.4 Проблема загрязнения побережий морским мусором	19
Глава 2 Материалы и методы исследования	24
2.1 Методы исследования морского мусора на побережьях	24
2.2 Описание исходных данных	31
Глава 3 Результаты проведенного исследования загрязнения морским бытовым мусором восточной части Финского залива	36
3.1 Анализ данных мониторинга морского мусора на побережье Финского Залива и Невской Губы	36
3.2 Анализ данных мониторинга морского мусора предыдущих лет	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
Список использованных источников.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Данное исследование посвящено загрязнению бытовым мусором пляжей восточной части Финского залива и Невской губы. На сегодняшний день проблема загрязнения морским бытовым мусором остро стоит на повестке не только органов экологического надзора, но и ученых, исследователей и рядовых граждан нашей страны и мира в целом.

С каждым годом население планеты увеличивается более чем на 90 миллионов человек, а значит и увеличивается количество потребляемых товаров, которые позже станут отходами.

В Российском законодательстве не существует понятия «мусор», «бытовой мусор», «морской мусор», им на замену приходят такие определения как «отходы производства и потребления», «твердые коммунальные отходы». Однако в мировом сообществе в рамках рассмотрения вопроса загрязнения морских акваторий прочно закрепилось понятие «marine litter», что в дословном переводе означает «морской мусор».

Предмет исследования – морской мусор, рассмотренный с точки зрения его бытовой компоненты. Морской мусор – это мусор, который производится или перерабатывается и прямо или косвенно, преднамеренно или непреднамеренно попадает в морскую среду.

Объект исследования – побережье Невской губы и восточной части Финского залива.

Цель работы: оценка загрязнения бытовым мусором побережий Финского залива.

В рамках выполнения цели были поставлены следующие задачи:

1. Охарактеризовать предмет и объект исследования;
2. Изучить проблему загрязнения морским бытовым мусором;
3. Провести полевые исследования на побережьях Финского залива с использованием международных методик мониторинга морского мусора;

4. Дать оценку загрязнения морским бытовым мусором побережий Невской губы и восточной части Финского залива на основе натурных наблюдений, а также проанализировать данные прошлых лет.

Глава 1 Физико-географическое описание района исследования

1.1 Физико-географическое описание Невской губы и Финского залива

Финский залив – это вытянутое устьевое море, в котором происходят физические явления, варьирующиеся от мелкомасштабных вихрей до крупномасштабной циркуляции. Это сложный гидрографический регион с поступлением соленой воды из собственно Балтийского моря на западе и с большим поступлением пресной воды из рек, главным образом, на востоке.

Воды Финского залива омывают берега Финляндии - на севере, России - на востоке и Эстонии - на юге.

Финский залив далеко не самый большой залив в мире, его площадь составляет 29500 км², длина - 420 км, ширина варьируется от 70 км в узкой части, до 130 км - в широкой. Средняя глубина залива - 38 метров, максимальная глубина в 3 раза больше - 121 м.

Северная береговая линия залива сильно изогнута и состоит из множества скалистых островов и больших и малых заливов, таких как Выборгский залив и полуострова Порккала и Ханко. Южное побережье залива сравнительно гладкое и мелководное. Здесь также располагается Балтийский глинт – известняковый откос длиной 1200 км, протянувшийся вдоль всего южного побережья залива [1].

На берегах залива расположены такие крупные города как Санкт-Петербург, Хельсинки, Таллин, а также ряд городов поменьше.



Рисунок 1 - Карта Финского залива

Восточная часть Финского залива представляет особый интерес, так как получает самый большой приток пресной воды во всем Балтийском море из реки Невы (15% от общего притока балтийских рек), а также испытывает самую сильную антропогенную нагрузку.

Самая восточная часть Финского залива - Невская губа, располагается между островом Котлин (г. Кронштадт) и устьем Невы. Площадь Невской губы составляет 329 км². За последнее десятилетие Невская губа стала еще более специфической областью из-за строительства барьера для защиты от наводнений, в значительной степени отделяющего этот бассейн от залива. Кроме того, в восточной части существует ряд других прибрежных заливов со своими особыми гидрологическими особенностями [1].

Восточная часть Финского залива, являющаяся объектом моего исследования, расположена в пределах нашей страны, имеет площадь 11 тысяч километров и протяженность в районе 140 километров. С восточной стороны Финский залив «обрамляет» Невская губа, на побережье которой также проводились исследования в рамках моей ВКР.



Рисунок 2 - Карта восточной части Финского залива

Многочисленные большие и малые реки впадают в Финский залив, в восточной части залива такие реки - Луга, Нева, Нарва. Залив также соединен с озером Сайма через Сайменский канал. Огромное количество притока пресной воды из этих рек объясняет чрезвычайно низкую соленость Финского залива.

Климат.

Согласно одной из наиболее распространённых систем классификации типов климата (классификации климата Кеппена), в районе исследования преобладает влажный континентальный климат с наибольшими температурами летом и относительно суровой зимой.

Преобладающими ветрами в Финском заливе являются ветры западного, юго-западного и южного направления. Последние являются наиболее сильными. Ветры восточного и северного направления наблюдаются намного реже. Западные сильные ветры вызывают высокие волны, наводнения и приливы воды [2].

Температура воды на поверхности повторяет годовой ход температуры воздуха. Наибольшая часть акватории залива покрыта льдом с января по март. Средняя температура воды колеблется в диапазонах от 0°C (зимой) до 17°C (летом) [3].

Радиационный режим и циркуляция атмосферы – два фактора, влияющие на температурный режим залива. Ветреная пасмурная погода формируется под влиянием атлантических воздушных масс преимущественно юго-западного и западного направлений. В то время как противоположная ей ясная безветренная погода признак антициклонов, формирующихся в условиях радиационных факторов.

Геоморфология береговой зоны.

Климатические, гидрологические особенности региона Финского залива характеризуют геоморфологическую структуру его прибрежной зоны.

Береговая зона восточной части Финского залива представлена поздне- и послеледниковыми горными породами четвертичных отложений. Обнажения пород, являющихся более древними по отношению к рельефу данного региона, проявляются на некоторых участках берегов и подводной части берегового склона [4].

Пляжи Невской губы открыты в западном направлении, куда во время сильных западных штормов приходят высокие и длинные волны. Такие волны вызывают береговой дрейф на восток. Литоральный дрейф, прекращающийся в районе мысов Невской губы, ограничивает поступление в губу наносов из Финского залива.

Равновесное состояние формы береговой зоны все еще не достигнуто в силу своего современного (несколько тысячелетий назад) происхождения.

Прибрежные пляжи Финского залива характеризуются каменными наносами, образующимися на территории береговой зоны булыжниками и галькой. Такие пояса, состоящие из валунов, часто встречаются в районе мыса Лаутаранта и поселка Солнечное.

Между мысом Солнечное и мысом Дубовской встречаются участки крупных песчаных наносов длиной до 16 км.

Берег Финского залива представляет собой террасированную равнину. Высоты с 45-50 по 100 м – высокие террасы, лежащие на морене, реже в водно-ледниковых отложениях. Такие террасы демонстрируют быстрое изменение уровня приледникового бассейна. Нижние террасы как правило аккумулятивные [5].

Южное побережье залива характеризуется выраженной ярусностью, что отчетливо характеризует особенности дочетвертичного рельефа, образованного плейстоценовыми оледенениями и окончательно обработанного послеледниковыми водоемами.

На побережье Финского залива песчаные пляжи чаще представлены в районе г. Сестрорецк, хотя также присутствуют локальные пляжи по всей территории залива. Упомянув песчаные пляжи Невской губы, стоит отметить роль антропогенного воздействия (благоустроенные набережные, защитные сооружения, насыпные территории) [4].

Размытие (абразия) берегов происходит с неравномерной скоростью, средние значения размытия в Курортном районе г. Санкт-Петербург – 50 см/год. Участки северной части залива более стабильны к абразии.

Рельеф дна.

Рельеф дна восточной части Финского залива неравномерный. Характерной его особенностью является большое количество рифов, прибрежных и островных отмелей. В целом глубина увеличивается с востока на запад. Основываясь на морфометрии дна, этот водоем подразделяется на две естественные области. В восточной мелководной зоне от острова Котлин до разреза Шепелева-Озерки глубина составляет менее 30 м. В глубоководной зоне к западу от этого разреза глубина на открытых участках, как правило, превышает 30 м, а на западной границе района вблизи Гогланда достигает 60-70 м [6].

Дно представлено грядами, холмами и локальными понижениями различной величины. Сильное расчленение дна присуще для северного берега,

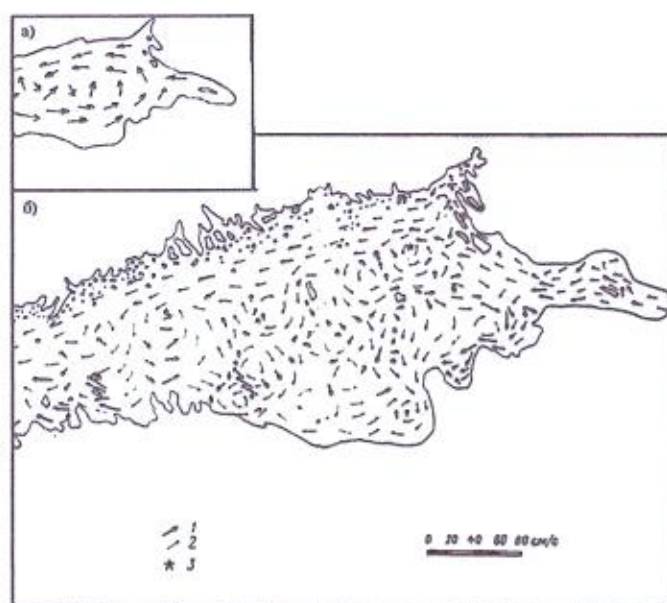
южный напротив – значительно ровнее. Центральные районы Невской губы представляют мелкие заиленные пески на дне, фракции песка прибрежных районов колеблются от мелко-тонкозернистых до среднезернистых на разных уровнях глубины [6].

Гидрологический режим.

Морская вода в Балтийском море и в Финском заливе всегда находится в движении (рисунок 3). Течения важны для природы моря, потому что они переносят кислород в более глубокие его части [5].

Движение ветров, различия в давлении воздуха, а также различия в плотности между водными массами – все это причины циркуляции воды. Вместе все эти факторы создают сложное поле течения, в котором возникают вихри или водовороты. Размер таких вихрей варьируется от нескольких километров в ширину до десятков километров в диаметре.

Течения в Балтийском море в первую очередь зависят от погодных условий и изменений погоды.



а – среднегодовая циркуляция; б – по данным аэрофотосъемки: 1, 2 – предпологаемые и измеренные течения, 3 - плавмаяки

Рисунок 3 – Схематическое представление системы течений в Невской губе [1]

Ветры и потоки пресной воды в Балтийском море воздействуют на морскую поверхность, где они могут создавать кратковременные течения, обычно со скоростью от пяти до десяти сантиметров в секунду.

Во время сильных штормов скорость поверхностных течений может достигать 50 см/с. Как правило, скорость потока поверхностных вод составляет примерно 0,1 м/с [1].

Различия плотности возникают при смешении пресной воды, поступающей в Финский залив не только с дождевыми осадками, но и стоками реки Нева, и соленой водой, поступающей с района Балтийского моря. По сравнению с поверхностными течениями, глубокие придонные течения протекают медленнее. Кроме того, направление их течения зависит от местных формаций морского дна. Скорость глубоководного течения обычно достигает нескольких сантиметров в секунду.

В прибрежных зонах Финского залива отмечается такое явление как апвеллинг - циркуляция вод, при которой происходит подъем глубинных вод на поверхность [5].

Соленость.

Морская вода Балтийского моря классифицируется как солоноватая вода с низкой соленостью. В поверхностных слоях Балтийского моря средняя соленость составляет всего 7 г/кг воды. В океанах же она составляет 35 г/кг. Данные концентрации солености характеризуют Финский залив как переходную зону между практически пресными водами (Невская губа) и солоноватыми водами (Готландский бассейн). Со стороны Балтийского моря в Финский залив поступает клин более соленых вод [5].

1.2 Характеристика антропогенной деятельности в городе Санкт-Петербург

Санкт-Петербург – самый северный крупный город, расположенный на побережье Финского залива.

Река Нева – крупная река Ленинградской области, являющаяся ключевым водным объектом города (длина реки - 74 км, средняя ширина - 600 метров, глубина - до 24 метров).

Санкт-Петербург расположен на северо-западе России в дельте реки Невы на восточном побережье Финского залива и занимает вместе с административно подчиненными территориями 1439 км². Город расположен на 44 островах, образованных рекой Невой и еще 90 реками и каналами [7]. В городе часто случаются наводнения, чаще всего осенью из-за сильных западных ветров.

Преимущество города – его транспортная доступность морским путем и дорогами по отношению к странам Балтики и Европейского Союза.

На территории города и его окрестностей находятся песчаные и гравийные карьеры, галечные камни, пески, глины, песчаник, суглинистые почвы, а также торф.

Численность населения на 1 января 2022 года по данным Росстата – 5 377 503 чел. Санкт-Петербург – второй по численности населения город России и четвёртый город Европы [8].

Основу промышленного сектора составляют свыше 700 крупных и средних предприятий и более 20 тысяч малых предприятий [7]. Ведущим направлением промышленности города является судостроение. В Санкт-Петербурге функционируют такие предприятия как «Адмиралтейские верфи», «Средне-Невский судостроительный завод», «Балтийский завод» и т.д. Предприятия, находящиеся как в черте города, так и за его пределами зачастую не имеют специальных санитарно-защитных зон.

Загрязнение воздуха – одна из наиболее серьезных проблем города, с которой сталкиваются жители Центрального, Адмиралтейского, Красногвардейского и Невского районов. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вкладывает автотранспорт, по статистике около 92% загрязняющих веществ поступают именно от него [9].

Водные ресурсы города Санкт-Петербург и Ленинградской области всегда считались благоприятными, на территории области расположены 1800 озер,

около 50 000 водотоков. Запасы пресной воды оцениваются в 1280 м³. Однако порядка 400 млн м³/год загрязненных сточных вод сбрасывается в Ладожское озеро. В связи с чем в водоемах региона наблюдается превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по некоторым тяжелым металлам. Загрязнение Ладожского озера напрямую влияет на высокое количество сине-зеленых водорослей.

Наиболее важные экологические проблемы Невской губы, требующие особого внимания, обусловлены процессами эвтрофирования и загрязнения водных объектов вредными веществами. В связи с чем, важно производить оценку динамики поступления биогенных элементов в Невскую губу со стоком реки Большая Нева и ее рукавов.

Основным загрязнителем акватории Финского залива является Государственное унитарное предприятие «Водоканал Санкт-Петербурга», от которого поступает 98% недостаточно очищенных вод. Хотя мощности канализационных систем наращиваются, загрязнение вод остается пока существенной проблемой.

Сточные воды, поступающие в Невскую губу после очистки, содержат 10-15 мг/л взвешенных веществ, 12-17 мг/л азота, 1,5-1,8 мг/л фосфора.

По данным ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», город канализирован по комбинированной схеме: 70% всей территории имеет общесплавную канализацию, в которую поступают хозяйственно-бытовые, промышленные, а также поверхностные (дождевые, талые) стоки; остальная территория – это в основном районы новостроек и пригороды – канализованы по раздельной схеме (дождевые и талые воды собираются отдельно от остальных стоков) [10].

Крупнейшими канализационными очистными сооружениями города Санкт-Петербург являются:

- Центральная станция аэрации;
- Северная станция аэрации;
- Юго-Западные очистные сооружения.

Утилизации осадка сточных вод осуществляется методом сжигания на трех заводах, расположенных на данных станциях. Несмотря на постоянную модернизацию очистных сооружений, на сегодняшний день нельзя говорить о достаточной степени очистки сточных вод.

Выделяют три бассейна водоотведения – Северный, Центральный и Южный. Каждый бассейн водоотведения имеет систему сбора и транспортировки сточных вод (канализационные сети и тоннельные коллекторы), канализационные насосные станции перекачки сточных вод (КНС) и канализационные очистные сооружения (КОС) для осуществления полного цикла очистки сточных вод и обработки осадка [10].

Северный бассейн включает в себя отведение вод правого берега реки Невы, которая далее поступает на Северную и Центральную станции аэрации, а также включает локальные участки водоотведения Курортного района города. На Северную станцию аэрации поступает как поверхностный сток при выпадении осадков, так и хозяйственно-бытовые сточные воды.

Сточные воды левого берега Невы относятся к центральному бассейну и поступают на Центральную станцию аэрации. Также в Центральный бассейн частично поступают стоки с территории Пушкинского района Санкт-Петербурга.

Южный бассейн включает в себя южный район города, а также районы Кировский, Красносельский и поселок Стрельна. Сточные воды данного бассейна поступают на Юго-западные очистные сооружения.

По итогам 2021 г. среднесуточный объем очищенных сточных вод составил 2,2 млн. м³ в сутки.



Рисунок 4 - Схема канализования г. Санкт-Петербург [10]

К нерешенным экологическим проблемам относятся утилизация и переработка твердых отходов, а также загрязнение вод р. Невы.

Обращение с отходами – одна из главных проблем Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Это связано со значительным количеством и разнообразием образующихся отходов.

Бытовые и промышленные отходы строительства Санкт-Петербурга и Ленинградской области размещаются на свалках и перерабатываются на двух мусороперерабатывающих заводах.

Согласно Территориальной схеме обращения с отходами г. Санкт-Петербург: «В г. Санкт-Петербург образуется порядка 1 370 789,21 тонн отходов. В твердых коммунальных отходах Санкт-Петербурга преобладают следующие типы отходов (%): пищевые отходы – 27,4, бумага и картон – 21,5, пластмассы – 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» [11].

Согласно территориальной схеме обращения с отходами в таблице 1 представлен морфологический состав отходов, образующихся на территории города.

Таблица 1 - Морфологический состав ТКО в Санкт-Петербурге [11]

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	1,0
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

Для правильного обращения с отходами производства и потребления, бытовыми и промышленными отходами в Ленинградской области действует 11 полигонов, около 60 разрешенных и 70 несанкционированных свалок. Годовой объем поступающих отходов составляет около 5 млн м³. Кроме того, на территории области действуют 12 предприятий по хранению шлама, складские свалки и поля, 33 площадки для сбора шламовых отходов коммунальных предприятий [9].

Проблема отходов по праву занимает лидирующее место в экологическом рейтинге и напрямую связана с распространением морского мусора на побережье Финского залива и Невской губы.

1.3 Экологическое состояние Финского залива

Экологическое состояние Финского залива оценивается прежде всего с учетом расположения в районе залива крупных городов России, Финляндии и Эстонии. Большинство экологических проблем имеют антропогенное происхождения, однако не стоит забывать о естественных причинах, влияющих на экологическое состояние Финского залива.

Одной из важных проблем, характеризующих Балтийское море и Финский залив, в частности, является эвтрофикация. Эвтрофикация – высокое содержание биогенных элементов в водоеме, вызывающее активный рост биологической продуктивности водного бассейна. Причины эвтрофикации несут природный (ограничение водообмена с Балтийским морем, сезонная стратификация) и антропогенный (высокая степень загрязнения вод биогенными элементами сельскохозяйственных и муниципальных источников) характер. Последствия, вызванные эвтрофикацией, хорошо наблюдаемы на южном побережье Финского залива [12].

Также одной из значительных проблем, характеризующих экологическое состояние Финского залива является аккумуляция тяжелых металлов - ртути, свинца, меди, цинка, кадмия, кобальта, никеля, попадающих в Финский залив с промышленными водами, бытовыми и промышленными отходами.

Финский залив всегда был важным фарватером, это один из районов в мире, где наблюдается наиболее плотное движение морского транспорта. Объем морских перевозок в заливе в последнее время увеличился в основном за счет открытия новых портов в России. Несмотря на незначительную глубину транспортная нагрузка на залив с каждым годом увеличивается, в связи с чем происходит загрязнение вод залива нефтепродуктами. Ежегодно в водах Финского залива обнаруживают порядка 600 тыс. тонн нефти, которая предотвращает циркуляцию кислорода в воде и является губительной для флоры и фауны залива [13].

Ежегодные выбросы оксидов азота в Балтийское море в результате морского судоходства составляют от 10 до 12% от общей нагрузки атмосферного азота, то есть от 2 до 3% от общей нагрузки азота [14].

В случае химической аварии наиболее вредные для здоровья человека химические вещества обладают свойствами, прямо противоположными тем, которые наиболее опасны для водной биоты. Для здоровья человека наиболее опасными химическими веществами являются те, которые обладают высокой реакционной способностью, образуя газовые облака. С экологической точки зрения наиболее опасными химическими веществами являются те, которые являются стойкими и обладают высокой растворимостью, оставаясь в толще воды.

Зона Финского залива уникальна и чувствительна, поэтому любое загрязнение нефтью или химическим веществом, скорее всего, будет иметь значительные последствия, ставящие под угрозу окружающую среду. Таким образом, необходимо поддерживать надлежащий уровень технического состояния морских и речных судов и принимать меры, предупреждающие загрязнение Финского залива и Невской губы.

В районе восточной части Финского залива и Невской губы в последние годы проводится все больше гидротехнических работ и работ по намыву территорий, работ рекреационного характера для сохранения и увеличения пляжных зон курортного района, вызывающих повышение механических примесей в водах залива [12].

Район водосбора Финского залива относительно густонаселен, что приводит к различным источникам химического загрязнения. Промышленные и коммунальные сточные воды, а также интенсивное морское движение и многочисленные крупные гавани вносят свой вклад в загрязнение залива. Природная среда подвержена загрязнению из-за плохого водообмена, мелководности и большой площади водосбора.

Химическая промышленность также не стоит на месте и, хотя производство и использование многих классических опасных веществ, таких как

различные хлорорганические соединения, в настоящее время ограничено или полностью запрещено, они по-прежнему широко присутствуют в морской среде [15].

В настоящее время в Европейском союзе и России используется более 13 000 зарегистрированных химических веществ, и постоянно внедряются новые. Новые и еще не контролируемые на регулярной основе загрязняющие вещества в морской среде включают поверхностно-активные соединения и антипирены, различные фармацевтические препараты, гормоны и средства личной гигиены. Опасные вещества могут оказывать различное негативное воздействие на морскую биоту, а также на птиц и наземных потребителей в пищевой сети, включая людей [16].

Многие вещества антропогенного происхождения обладают высокой стойкостью, токсичностью и способностью к биоаккумуляции.

Ленинградская атомная электростанция (ЛАЭС) в рамках своей деятельности использует воду из Копорской губы Финского залива, а также рек Систа и Коваши. Антропогенное влияние на биоту Финского залива оказывает сброс теплых вод атомной электростанции, которые способствуют «термическому эвтрофированию» водоема.

Резюмируя вышеперечисленные экологические проблемы района Финского залива, хочется отметить актуальность данной выпускной квалификационной работы, так как с каждым годом антропогенная нагрузка не только в Финском заливе, но и во всем мире только возрастает.

1.4 Проблема загрязнения побережий морским мусором

Постоянное образование отходов увеличивается пропорционально резкому росту населения мира и промышленного производства. Отсутствие заблаговременных и эффективных постоянных планов обращения с отходами в сочетании с недостаточной осведомленностью людей привели к острой экологической проблеме загрязнения морским мусором. За полвека, прошедшие

с момента повсеместного использования пластика, океаны превратились в свалку человеческих отходов.

Накопление отходов долгое время рассматривалось как проблема, касающаяся территорий вблизи промышленных объектов и густонаселенных городов. Широкий общественный резонанс вызвало обнаружение мусорных пятен в океанах, так в начале XX века было обнаружено Восточное мусорное пятно в Северной части Тихого океана, что повлекло за собой подробное изучение данного вопроса [17].

В настоящее время мусор является одним из наиболее распространенных факторов воздействия на окружающую среду как в морских, так и в пресноводных средах, получающих все большую огласку и вызывающих большое беспокойство. Морской мусор оказывает негативное воздействие прежде всего на морские экосистемы и здоровье человека, а также на экономическое состояние населения.

Термин «Морской мусор» был введен для описания выброшенных, утилизированных или оставленных искусственных объектов, присутствующих в морской и прибрежной среде. Он состоит из предметов, которые были сделаны или использованы людьми, а впоследствии намеренно выброшены или случайно потеряны.

Проблема морского мусора была признана Генеральной ассамблеей Организации объединенных наций, которая в своей резолюции A/60/L.22 (ноябрь 2005 г.) призывает к национальным, региональным и глобальным действиям по решению проблемы морского мусора. В этой резолюции признается отсутствие информации и данных о морском мусоре в качестве одного из существенных препятствий на пути решения проблемы морского мусора [18].

Морской мусор принято делить по размеру частиц:

- > 25 мм – макромусор;
- от 5 до 25 мм- мезомусор;
- < 5 мм (нижний предел размера не определен) – микромусор [19].

Морской мусор обнаруживается по всему земному шару и происходит из следующих источников:

- Океанические источники:
 - Рыболовные суда;
 - Грузовые суда;
 - Стационарные платформы;
 - Установки для разведения рыбы;
 - Прогулочные суда и другие виды морского транспорта.
- Наземные источники (60-80% загрязнения морской среды):
 - Загрязнение прибрежных районов;
 - Сброс неочищенных сточных и ливневых вод;
 - Неудовлетворительное состояние системы обращения с отходами;
 - Промышленные объекты;
 - Туризм;
 - Неблагоприятные природные явления, из-за деятельности которых происходит вынос в акваторию мусора [18].

Морской мусор – важная проблема в большинстве морских регионов, связанная с загрязнением окружающей среды. Однако морской мусор представляет собой растущую проблему во всем мире и является серьезной опасностью не только на национальном, но и на международном уровнях, требующей разработки мер борьбы с данной проблемой на национальном, региональном и глобальном уровнях.

Одним из наиболее важных вопросов является отсутствие статистических данных по проблеме морского мусора. Лишь немногие исследования могут предоставить количественные данные за длительные промежутки времени.

Цели, лежащие в основе программ мониторинга морского мусора, весьма разнообразны: лучшее понимание рисков загрязнения акваторий морским мусором, улучшение знаний о воздействии мусора на биоту и человека, более глубокое понимание источников и поглотителей мусора для поддержки совершенствования управления и мер, направленных на повышение

осведомленности общественности и, что не менее важно, удаление мусора, ведущее к более чистой окружающей среде на местном, региональном, национальном и международных масштабы. Такое разнообразие целей программ мониторинга сочетается с разнообразием оперативной структуры этих программ.

Ключевой задачей при разработке руководящих принципов оценки морского мусора является определение основных процессов, которые контролируют поступление и/или удаление мусора из океанов, а также преобразований, которые происходят в течение жизненного цикла любого данного элемента мусора [20]. Когда мусор попадает в морскую среду, он выбрасывается на пляжи, плавает в толще воды и/или опускается на морское дно. Часть его удаляется, а часть разлагается через очень долгое время.

Наряду с макромусором растет количество микропластиковых фрагментов. Незначительный вес и долговечность пластика делают его функциональным и универсальным материалом для производства и пользования различных предметов в жизни человека, но это также делает его долгосрочной проблемой для окружающей среды. Пластиковые частицы накапливаются, так как не подвергаются биологическому разложению, как многие органические вещества. Фрагментация микропластика происходит за счет действия волн (механическое воздействие), а также фотохимических процессов (действие солнечного света). Полное разложение микропластика невозможно, от макромусора и/или мезомусора он переходит в категорию микромусора, медленно распадаясь на фрагменты [19].

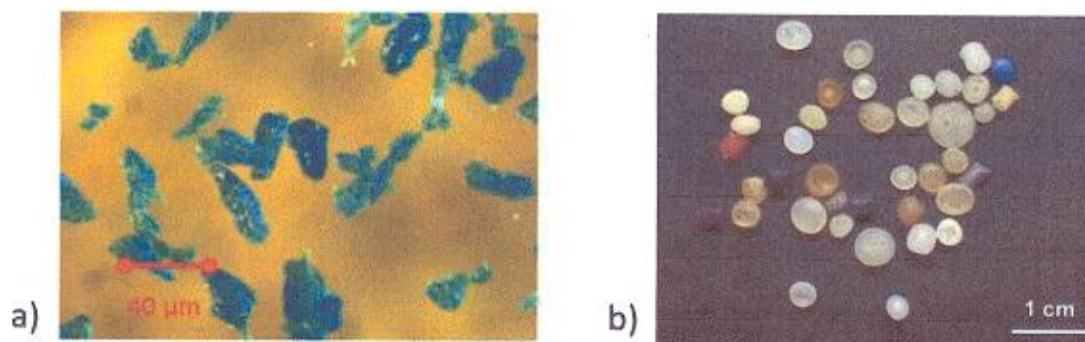


Рисунок 5 - Первичный микропластик: а) абразивный микропластик из зубной пасты; б) пластиковые гранулы, собранные на берегу [21]

Степень воздействия морского мусора на тот или иной объект окружающей среды определяется типом материала пластика и его размером, а также его местоположением в морской среде (морское дно, плавучие объекты и пляж).

Потенциальное воздействие морского мусора широко распространено и имеет длительное влияние, так как на его перераспределение и накопление в морской среде, а также массу, стойкость и плавучесть влияет циркуляция океана.

Важной проблемой при решении вопроса загрязнения морской среды мусором, является идентификация источников его поступления в воду. При невозможности произвести такую идентификацию, не предоставляется возможным разработка способов по управлению потоками поступающего мусора.

Глава 2 Материалы и методы исследования

2.1 Методы исследования морского мусора на побережьях

Проблема загрязнения окружающей среды морским мусором остро стоит уже не первый год, однако четкая методология отбора проб и исследований до сих пор не ясна. С одной стороны, при отборе проб используются стационарные и буксируемые сети, однако данный метод больше подходит лишь для проб, отбираемых с поверхности воды. С другой стороны, появилась возможность использовать подводные насосы, которые, прежде чем пропустить загрязненную мусором воду через сеть, собирают ее.

В последнее время в средствах массовой информации все чаще появляются сведения о плавучих загрязнителях, помещаемых в наиболее загрязненные участки морей и океанов, которые служат «ловушками» для мусора.

Из-за отсутствия единой системы анализа загрязнений морской среды мусором, были созданы специальные протоколы, помогающие сократить непостоянство и необъективность мониторинга. В частности, такие протоколы устанавливают размеры и положения участков отбора проб, а также содержат инструкции по классификации обнаруженного мусора по категориям.

Европейскими странами был создан проект «Marine litter in European Seas: social awareness and co-responsibility» (MARLISCO), в котором представлены краткие руководящие принципы в поддержку создания европейской системы, в рамках которой могут проводиться оценки мусора (пляжного, донного и плавающего мусора) [22]. Основная цель состоит в том, чтобы создать основу для управления интеграцией отдельных мероприятий по оценке мусора среди широкой общественности и в более широких географических регионах. В этом контексте регионы включают европейские морские районы (Северо-Восточная Атлантика, Балтийское, Черное и Средиземное моря).

Ключевой задачей при разработке руководящих принципов оценки морского мусора является определение основных процессов, которые

контролируют поступление и/или удаление мусора из океанов, а также преобразований, которые происходят в течение жизненного цикла любого данного элемента мусора. Когда мусор попадает в морскую среду, он выбрасывается на пляжи, плавает в толще воды и/или опускается на морское дно. Часть его удаляется, а часть разлагается через очень долгое время [22].

Мониторинг морского мусора имеет решающее значение для оценки эффективности мер, принимаемых для сокращения обилия морского мусора, но он осложняется большой пространственной и временной неоднородностью в количествах мусора и ограниченным пониманием путей, по которым он проходит, и его долгосрочной судьбы. Даже при схожих методах отбора проб сравнительные исследования часто затрудняются отсутствием информации о факторах, влияющих на условия осаждения (преобладающие ветры, местные и морские течения, близость к наземным источникам) для различных районов отбора проб [23]. В таких случаях, даже когда могут быть продемонстрированы различия в нагрузках на подстилку между участками, их трудно интерпретировать, поскольку источники изменчивости остаются неизвестными.

Независимо от основной цели, исследования морского мусора, как правило, подразделяются на один из следующих основных типов [23]:

- 1) Обследования пляжного мусора;
- 2) Исследования донного мусора, которые включают:
 - а. Наблюдения, сделанные водолазами, подводными аппаратами или буксировщиками с камерами;
 - б. Сбор мусора с помощью донных тралов.
- 3) Обследования плавучего мусора, которые включают:
 - а. Наблюдения, сделанные с судов или с воздушных платформ (визуальные / с камеры);
 - б. Сбор мусора с помощью надводных тралов.
- 4) Исследования биоты проглоченного мусора, которые включают:
 - а. Птицы;
 - б. Черепахи;

- с. Рыба;
- 5) Исследования мусора в:
 - а. Отложениях (пляж/морское дно);
 - б. Воде (поверхностная/взвешенная);
 - с. Биоте.

Стратегическая цель Конвенции по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (Конвенция ОСПАР) по борьбе с морским мусором состоит в том, чтобы «предотвратить и значительно сократить попадание морского мусора, включая микропластик, в морскую среду, чтобы достичь уровней, не оказывающих неблагоприятного воздействия на морскую и прибрежную среду, с конечной целью устранения попадания мусора». Экологическая стратегия Северо-Восточной Атлантики (2010–2020 гг.) обязала ОСПАР «разработать соответствующие программы и меры по сокращению количества мусора в морской среде и предотвращению попадания в морскую среду мусора как из морских, так и из наземных источников».

Для выполнения этой задачи ОСПАР-2014 согласовал Региональный план действий (РПД) по морскому мусору на период 2014-2021 гг. РПД содержал 23 национальных действия и 32 коллективных действия, направленных на борьбу с наземными и морскими источниками, а также на просветительские мероприятия и действия по удалению морского мусора [23].

Первый этап Регионального плана действий закончился в 2021 году, и предварительные оценки указывают на хороший прогресс в реализации действий. Тем не менее уровень морского мусора остается проблемой, и цель ОСПАР в отношении морского мусора еще не достигнута. На данный момент ОСПАР работает над новым обновленным Региональным планом по морскому мусору на период с 2022 по 2030 год.

Один из более примитивных методов исследования морского мусора – визуальный осмотр, описанный в «Руководстве по мониторингу морского мусора на пляжах в Морском районе ОСПАР». Такой метод, несмотря на свою

простоту, широко используется в Балтийском море для обнаружения макромусора (> 25 мм) на поверхности пляжа.

Для удаления мезо- и макромусора необходимо более точечное исследование, направленное на небольшие участки исследуемых пляжей, а также необходимо использование специального оборудования.

В дополнение к существующим стратегиям мониторинга микро-, мезо- и макромусора на песчаных пляжах были дополнительно разработаны два удобных для пользователя метода. Метод Rake (метод граблей) и метод Frame (метод рамки) фокусируются на микро- (> 2 мм) и мезо-мусоре (5-25 мм) в верхнем слое поверхности пляжа толщиной 30-50 мм. Грабельный метод исследует песчаные отложения на глубину до 50 мм. Оба этих метода не требуют специального дорогостоящего оборудования (в Rake методе используются специальные грабли) или лаборатории, имеют низкую стоимость и могут выполняться добровольцами.

Рисунок 6 показывает схему исследования в ходе Frame метода. Первым этапом работы производится визуальная съемка макромусора. Выделяется прямоугольная область 4×10 м (40 м^2) вдоль линии воды, в которую входит зона заплеска (зона воздействия волн и аккумуляции морского мусора). Выбранный участок ограждается вешками, далее производится визуальный осмотр, отбирается макромусор, который помещается в заранее приготовленные пакеты с обязательной маркировкой каждого.

Для определения мезо- и микромусора на выделенном участке ограждают два квадрата площадью 1 м^2 . Первый квадрат (T1) располагают на самом загрязненном участке выделенной области в зоне заплеска, второй квадрат (T2) – на расстоянии 3 метра от края квадрата T1 [24].

При проведении анализа используется металлическое сито с ячейками 2 мм, металлический шпатель, ведро.

Здесь важно не смешивать разные слои осадка. Осадок отбирается шпателем, а затем распределяется на 2-миллиметровом сите, которое находится над ведром, заполненным морской водой (рисунок 7). Сито встряхивают в воде

до тех пор, пока не будут вымыты все частицы размером менее 2 мм. Здесь важно следить за тем, чтобы материал не выходил за край сита. Оставшийся материал на сите анализируется визуально и все предполагаемые частицы морского мусора упаковываются в помеченные (в соответствии с квадратом, из которого был взят осадок) прозрачные пакеты. Оставшийся натуральный и органический материал удаляется из сита.

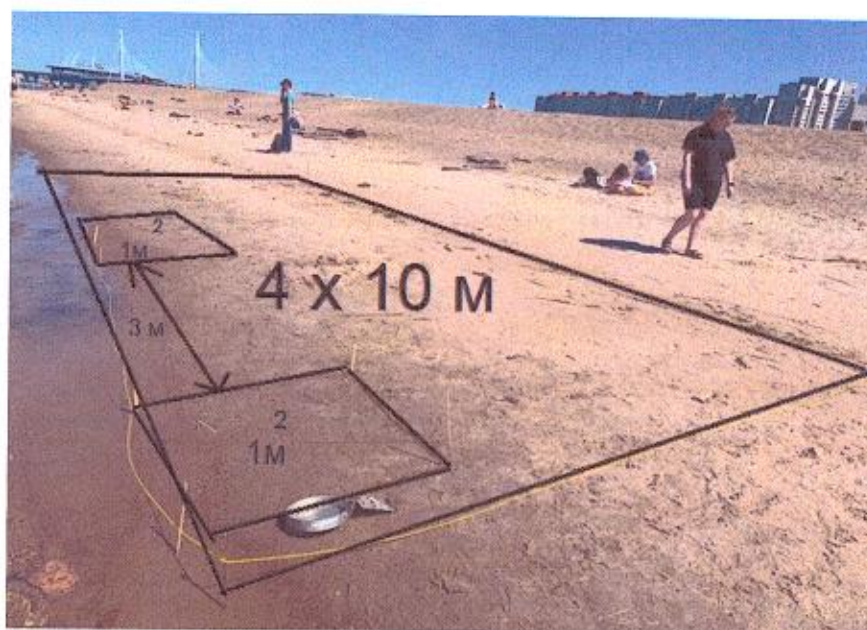


Рисунок 6 - Схема отбора проб Frame методом



Рисунок 7 - Отбор проб Frame методом

Rake метод охватывает всю ширину пляжа между линией воды и растительностью, утесом и т.д. (рисунок 8). Начиная с линии воды пляж разделен на сегменты длиной 5 м с помощью маркеров-флажков или других опознавательных объектов. В зависимости от ширины пляжа это приводит к различному количеству сегментов. Из-за разной ширины пляжей последний отрезок (у растительности, скалы и т.д.) может быть короче [25].

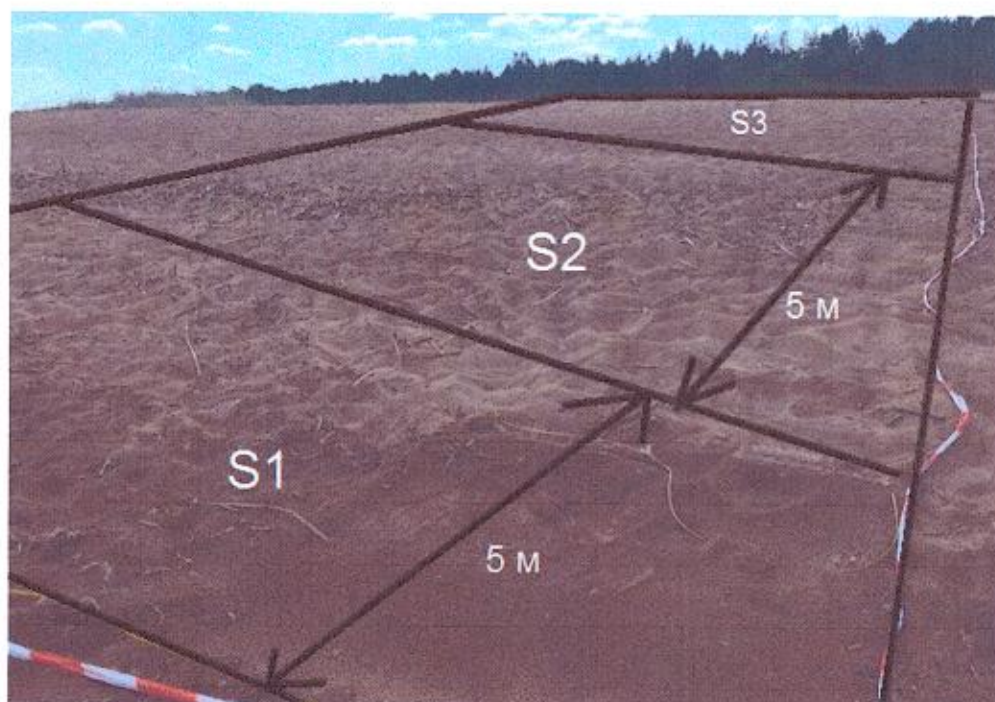


Рисунок 8 - Схема отбора проб Rake методом

Песок просеивается специальными граблями с ячейками 2 мм (рисунок 9) по сегментам - 0,5м x 5м (S1), таким образом, площадь стандартного сегмента 2,5 м².

Просеивание мусора происходит до тех пор, пока все фрагменты не просеются через грабли. Крупный или влажный песок нельзя просеять за весь сегмент сразу. Песок при встряхивании не должен вытряхиваться за пределы граблей. Также важно, чтобы мусор и песок не выдувало ветром [26].



Рисунок 9 - Специальное оборудование (грабли) для применения Rake метода

В рамках отбора проб данным методом могут быть найдены частицы макро-, мезо- и микромусора, а также камни и органический материал. Камни и органический материал удаляются и помещаются за пределы зоны мониторинга. Все что осталось в граблях, помещается в пластиковый пакет и зарывается внутри соответствующего сегмента до тех пор, пока отбор проб не закончится.

Все фрагменты мусора, найденные в каждом сегменте, упаковываются в отдельный пластиковый пакет с соответствующим номером сегмента S1, S2, S3 и т.д. и информацией об используемом размере ячейки.

Полосы граничат непосредственно друг с другом, и вся область просеивается один сегмент за другим (S1, S2, S3 и т.д.). Глубина проникновения грабель в осадок точно не измеряется. Однако, исходя из опыта различных исследований, можно предположить, что она составляет около 30-50 мм [26].

2.2 Описание исходных данных

Для анализа загрязненности побережий Невской губы и Финского залива бытовым мусором использовались данные мониторинга морского мусора, полученные летом 2021 года в рамках производственной практика на побережье восточной части Финского залива и Невской губы. В рамках проведенной работы было использовано два метода отбора проб, описанных ранее, и исследовано 13 пляжей на наличие морского мусора (таблица 2, рисунок 10).

Таблица 2 - Исследованные пляжи в Невской губы и Финском Заливе летом 2021 года

Название места	Дата	Метод
Невская Губа		
Парк 300-летия Санкт-Петербурга	14.06.2021	Фрейм-метод
Остров Декабристов	18.06.2021	Фрейм-метод
Поселок Лахта	17.06.2021	Фрейм-метод
Парк Александрия (г. Петергоф)	18.06.2021	Фрейм-метод
Жемчужный пляж	21.06.2021	Фрейм-метод
Ломоносов	21.06.2021	Фрейм-метод
Лисий Нос	17.06.2021	Фрейм-метод
Восточная часть Финского залива		
Пляж Ласковый (пос. Солнечное)	24.06.2021	Фрейм-метод
Тарховка	24.06.2021	Фрейм-метод
Зеленогорск	02.07.2021	Фрейм-метод Рейк-метод
Заказник Западный Котлин (северное побережье)	05.07.2021	Фрейм-метод
Заказник Западный Котлин (южное побережье)	05.07.2021	Фрейм-метод
Большая Ижора	07.07.2021	Фрейм-метод Рейк-метод

Пляж в парке 300-летия является самым популярным пляжем в черте города, имеющий высокую рекреационную нагрузку, является регулярно убираемым. Вдоль пляжа проходят пути катеров, яхт и различных судов. В день проведения исследования был нагон воды. Тип берега техногенный.

Остров Декабристов – искусственный остров, расположенный на намывных территориях Васильевского острова, закрытый городской пляж.

Недалеко расположен пассажирский порт «Морской Фасад». Пляж чистый, убран перед проведением ЕВРО2020. Тип берега насыпной, песок мелкий.

Лисий Нос – название мыса в северной части Невской губы. Исследование проводилось примерно в 30 метрах от туристической части пляжа «Морские дубки». В день проведения исследования уровень воды сильно упал, зона аккумуляции мусора оказалась достаточно далеко от зоны заплеска и в зону исследования, к сожалению, не попала. Тип берега природный.

Пляж в городе Ломоносов находится на южном берегу Финского залива. Достаточно туристическое место и мусор практически не убирается. В день взятия проб уровень воды сильно упал, аккумуляция мусора оказалась далеко от берега и в зону исследования не вошла, у линии воды очень много водорослей. Тип берега природный.

Пляж в Тарховке находится в Курортном районе города, недалеко от г. Сестрорецка. В день отбора проб был сильный отлив. Тип берега природный.

Пляж «Золотой» находится в Зеленогорске на северном берегу Финского залива. Пляж является популярным туристическим местом, он хорошо обустроен и часто убирается. Тип берега абразионно-аккумулятивный валунный с песчаными пляжами в вогнутостях берега. Песок крупный.

Западный Котлин – государственный природный заказник регионального значения на острове Котлин в Финском заливе, на территории Кронштадтского района Санкт-Петербурга. Пляж безлюдный, зона заплеска сильно отодвинута от аккумуляции мусора из-за сильного отлива, есть судоходство. Песок мелкий.

Пляж Большая Ижора расположен на южном берегу Финского залива за Кронштадтом. Пляж немногочисленный, дикий, неубираемый. Тип берега вторично расчленённый абразионно-аккумулятивный бухтовый.

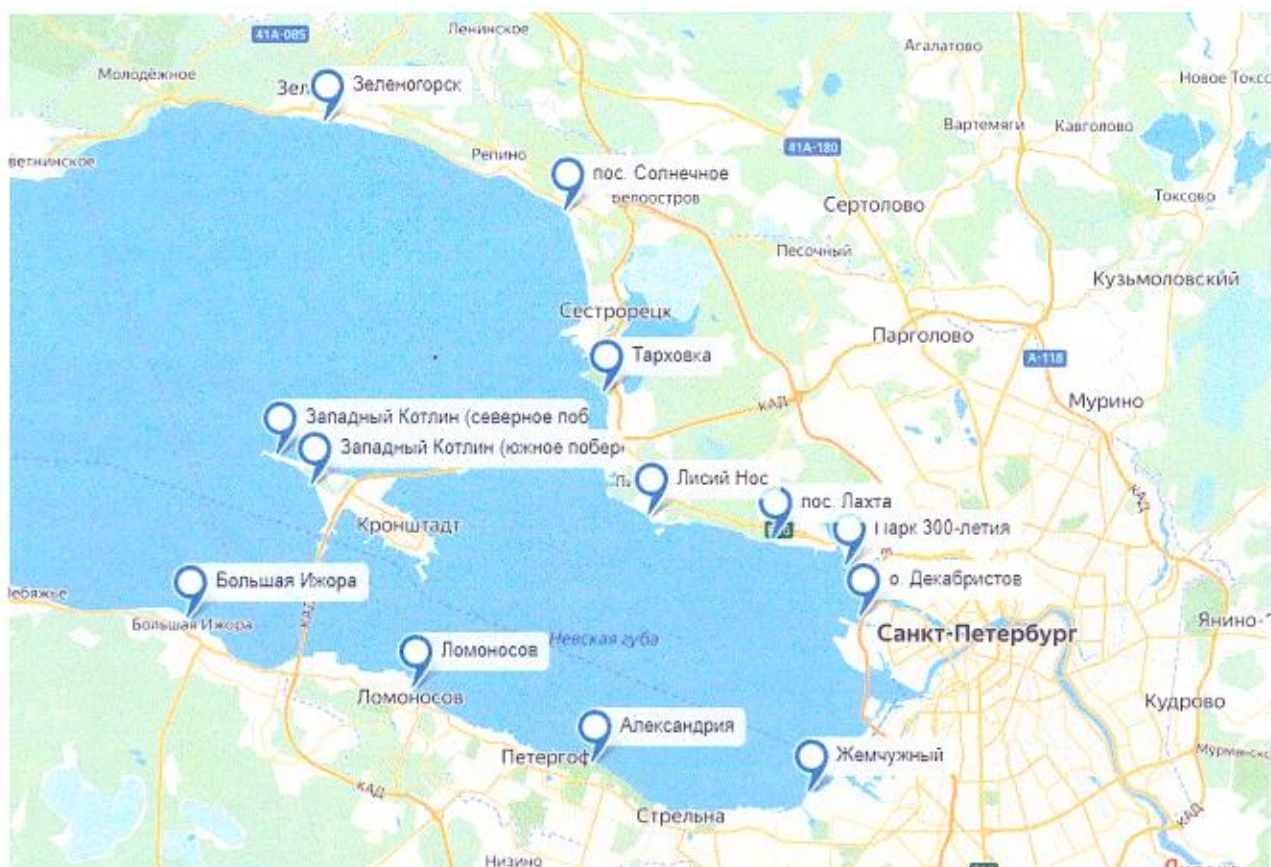


Рисунок 10 - Карта отбора проб морского мусора на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 года

Во время проведения отбора проб заполняется протокол, содержащий информацию о месте отбора проб, дате и времени начала и окончания отбора проб, климатических условиях, координатах точек отбора, примененном методе отбора (Frame/Rake), общей характеристике места отбора проб (ширина пляжа, тип берега, природные явления, наблюдаемые накануне и т.д.).

Финальным этапом проведенных работ является камеральная обработка в лаборатории отобранных натуральных данных. Морской мусор, помещенный в полиэтиленовые пакеты, визуально анализируется и далее распределяется на фракции с помощью миллиметровки (рисунки 11-12). Обязательной процедурой анализа является взвешивание уже проклассифицированных проб макро-, мезо- и микромусора.

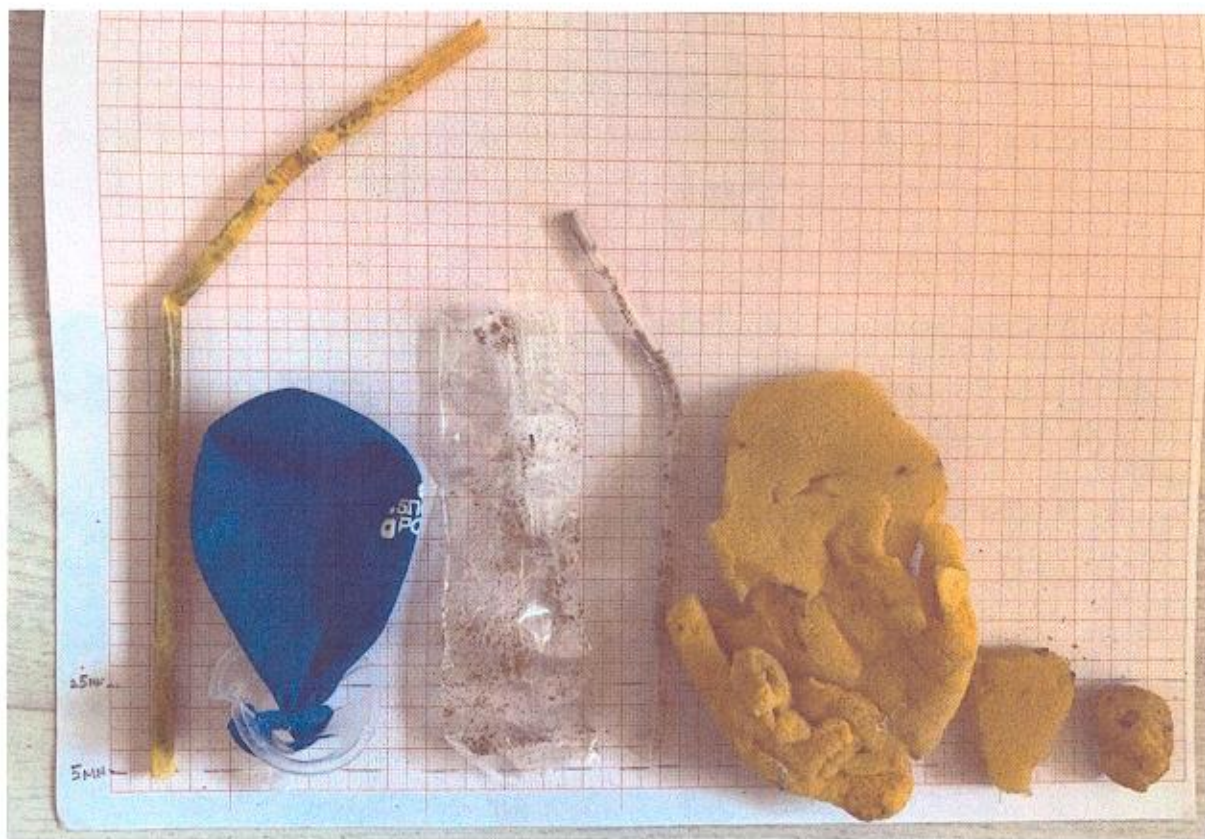


Рисунок 11 – Анализ проб морского макромусора, отобранных Frame методом на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 года

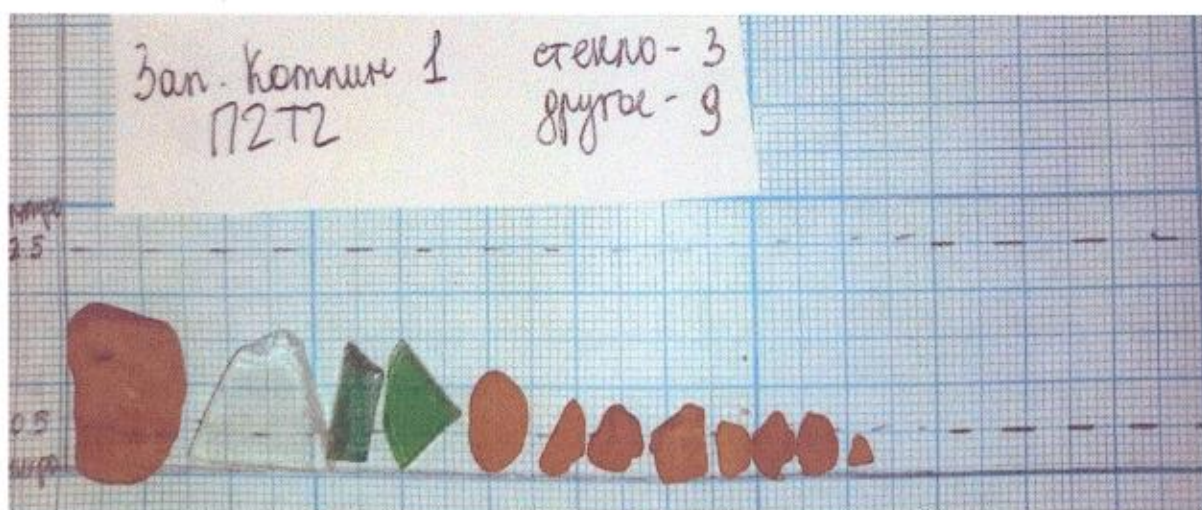


Рисунок 12 – Анализ проб морского мезомусора, отобранных Frame методом на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 года

Так как морской мусор состоит из разных материалов далее происходит его классификация по бытовой компоненте (пластик, бумага, стекло, металл и т.д.).

Использование международного классификатора морского мусора помогает проводить мониторинг загрязнения морским мусором вод Балтийского моря и Финского залива, так как ученые разных стран анализируют мусор по одному образцу. Разделение происходит по следующим категориям:

- Artificial polymer materials \ Искусственные полимерные материалы (коды G1-G124);
- Rubber \ Резина (коды G125-G134);
- Cloth, Textile \ Одежда, Текстиль (коды G137-G145);
- Paper, Cardboard \ Бумага, Картон (коды G147-G158);
- Processed, Worked Wood \ Обработанное Дерево (коды G159-G172);
- Metal \ Металл (коды G174-G199);
- Glass, Ceramics \ Стекло, Керамика (коды G200-G210);
- Unidentified and/or Chemicals \ Неидентифицируемые и/или Химикаты (коды G211, G213).

Глава 3 Результаты проведенного исследования загрязнения морским бытовым мусором восточной части Финского залива

3.1 Анализ данных мониторинга морского мусора на побережье Финского Залива и Невской Губы

Данные полевых наблюдений были получены с помощью двух методов мониторинга (Frame и Rake методы), взаимодополняющих друг друга, так как направлены на разные зоны пляжа: Frame метод - зона заплеска и Rake метод - вся ширина пляжа (так называемая сухая часть).

Анализ данных мониторинга морского мусора на побережьях проводился с целью выделения компоненты ТКО (бытовых отходов), таких как сигаретные фильтры, предметы гигиены, битое стекло, пластик, бумага и др.

Результаты анализа отобранных проб, полученных Frame методом представлены в виде графиков и диаграмм (таблицы 3-4, рисунки 13-16). Данный метод анализа помогает получить данные о морском мусоре, расположенном в зоне заплеска, который с большим процентом вероятности был принесен действием течений.

Выделяя бытовую компоненту морского мусора анализ данных проводился по 6 категориям: сигареты, пластик, бумага, металл, стекло и «другое».

Таблица 3 – Количество морского макромусора, полученного отбором Frame методом на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 г., шт/м²

Название пляжа	Сигареты	Пластик	Бумага	Металл	Стекло	Другое
Лисий Нос	0	6,25	0	0	0	0,25
пос. Лахта	1	3	0,25	0	0,75	3,75
Парк 300-летия	12,17	8	1,17	1	0,67	0,83
о. Декабристов	1	2	0,5	0	0	0,5
пляж Жемчужный	0,5	2	0,25	0,5	2,5	0,25
Парк Александрия	0,25	2,75	0,5	1	144,5	0
Ломоносов	7,75	6,5	0,75	1	0,5	1
г. Зеленогорск	0	0,75	0	0	1,25	0
пос. Солнечное	0,25	4,5	0,25	0	1,75	0,5
Тарховка	0	3,25	0,5	0	0	0,5
Заказник Западный Котлин (северное побережье)	0	2,5	0	0,5	4	14,25
Заказник Западный Котлин (южное побережье)	0	0,75	0	0	3,75	2,75
Большая Ижора	0,5	2,75	0	0,25	0,25	0

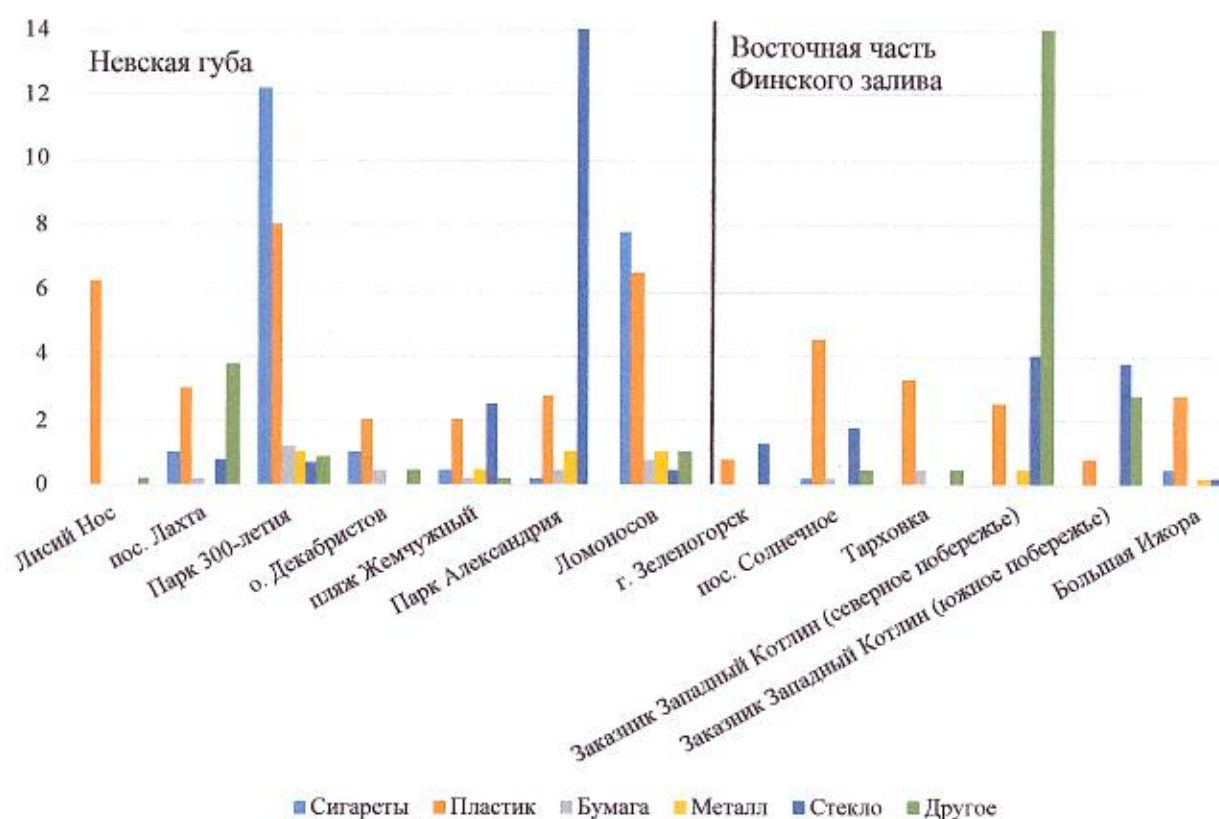


Рисунок 13 - Распределение морского макромусора, отобранного Frame методом на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 г., шт/м²

В категорию «сигареты» были включены окурки и фильтры от сигарет (код по международному классификатору G27), как правило данный вид мусора относится именно к макрофракции. Наиболее загрязненным данным типом мусора оказался пляж парка 300-летия ($12,17 \text{ шт/м}^2$), так как данный пляж расположен в черте города и летом испытывает высокую антропогенную нагрузку от туристов и местных жителей, также на пляже города Ломоносов было найдено большое количество сигарет ($7,75 \text{ шт/м}^2$). Нулевые результаты были получены на 5 пляжах (Лисий Нос, г. Зеленогорск, пляж Тарховка, Западный Котлин (южное и северное побережье) вероятнее всего это связано с тем, что пляж г. Зеленогорска и Лисьего носа – регулярно убираемые пляжи, пляж Тарховка также регулярно убирается, но уже силами волонтеров, заказник Западный Котлин не имеет сильной антропогенной нагрузки, а значит и высокого загрязнения.

Пластик – обширное понятие для мусора, изготовленного из полимерных материалов. Обнаружен на всех исследуемых пляжах. Наибольшее число пластиковых частиц на побережье Невской губы было найдено в парке 300-летия (8 шт/м^2), в восточной части Финского залива загрязненным оказался пляж Ласковый (пос. Солнечное) (4 шт/м^2). В данную категорию морского мусора вошли такие предметы как различные пластиковые пакеты (G3-G5), пакеты от чипсов, сладостей (G30), упаковки товаров, пищевые контейнеры, включая фастфуд (G10), пластиковые крышки от напитков (G21), трубочки и мешалки (G35), а также другие пластиковые\полистироловые предметы (неидентифицируемые) (G124).

Загрязнение пляжей бумагой и картоном незначительны и в районе исследования колеблется от минимального значения - 0 шт/м^2 (Лисий Нос, Зеленогорск, Западный Котлин, Большая Ижора) до максимального - $1,17 \text{ шт/м}^2$ (пляж парка 300-летия). Стоит отметить, что пляжи Невской губы более загрязнены этим типом мусора, в то время как пляжи восточной части Финского залива имеют минимальное загрязнение. Наиболее распространенный мусор, относящийся по международному классификатору морского мусора к бумаге и

картону – это картон (коробки, части) (G148), пищевые: чашки, лотки, упаковки, контейнеры (G153), другая бумага (G158).

Содержание металла в отобранных пробах также незначительно, а его присутствие на пляжах связано в первую очередь со спецификой прилегающей территории. Например, на пляже парка 300-летия было найдено 1 шт/м² металлического макромусора, среди него крышки от бутылок, язычки для открывания (G178) и проволока, сетка, колючая проволока (G191), наличие крышек от бутылок связано в первую очередь с высокой рекреационной нагрузкой данного пляжа, излюбленного места для летнего отдыха туристов и местных жителей. В Ломоносове была также найдено 1 шт/м² металлического макромусора, среди которого также встречается категория G178 и фольга (G177).

Высокое количество стекла было найдено на пляже парка Александрия (144,5 шт/м²), наименьшее количество стекла – пляжи Лисьего носа, о. Декабристов и Тарховки (0 шт/м²). Аномальное, по сравнению с другими точками отбора проб, содержание стекла на пляже парка Александрия (г. Петергоф) напрямую связано с расположенными недалеко стекольными производствами (ООО «Ломоносовский стекольный завод», ООО «Олстек», ООО «Петровская мануфактура»).

Особое внимание следует уделить категории «другое» сюда входят резина, предметы медицинского назначения, строительный мусор, трубы и т.д.

К мезомусору относят морской мусор размером от 0,5 до 2,5 см. Анализ также проводился по 6 категориям мусора.

Таблица 4 – Количество морского мезомусора, полученного отбором Frame методом на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 г., шт/м²

Название пляжа	Сигареты	Пластик	Бумага	Металл	Стекло	Другое
Лисий Нос	0	1	0	0	0	0,25
пос. Лахта	0	0,25	0	0	1,5	0
Парк 300-летия	0	0,17	0	0,17	2,33	0,17
о. Декабристов	0	1,25	0,25	0	0	0
пляж Жемчужный	0	0	0,75	0	0,75	0
Парк Александрия	0	0,25	0	0,25	21,5	0
Ломоносов	1	1	0,75	0	1	0,25
г. Зеленогорск	0	0,25	0	0	23,75	0,25
пос. Солнечное	0	1,25	0	0	0,25	0
Тарховка	0	2	0	0	0	0
Заказник Западный Котлин (северное побережье)	0	0	0	0,5	1,5	4,75
Заказник Западный Котлин (южное побережье)	0	0	0	0	0,5	0
Большая Ижора	0	1,25	0	0,25	0,5	0

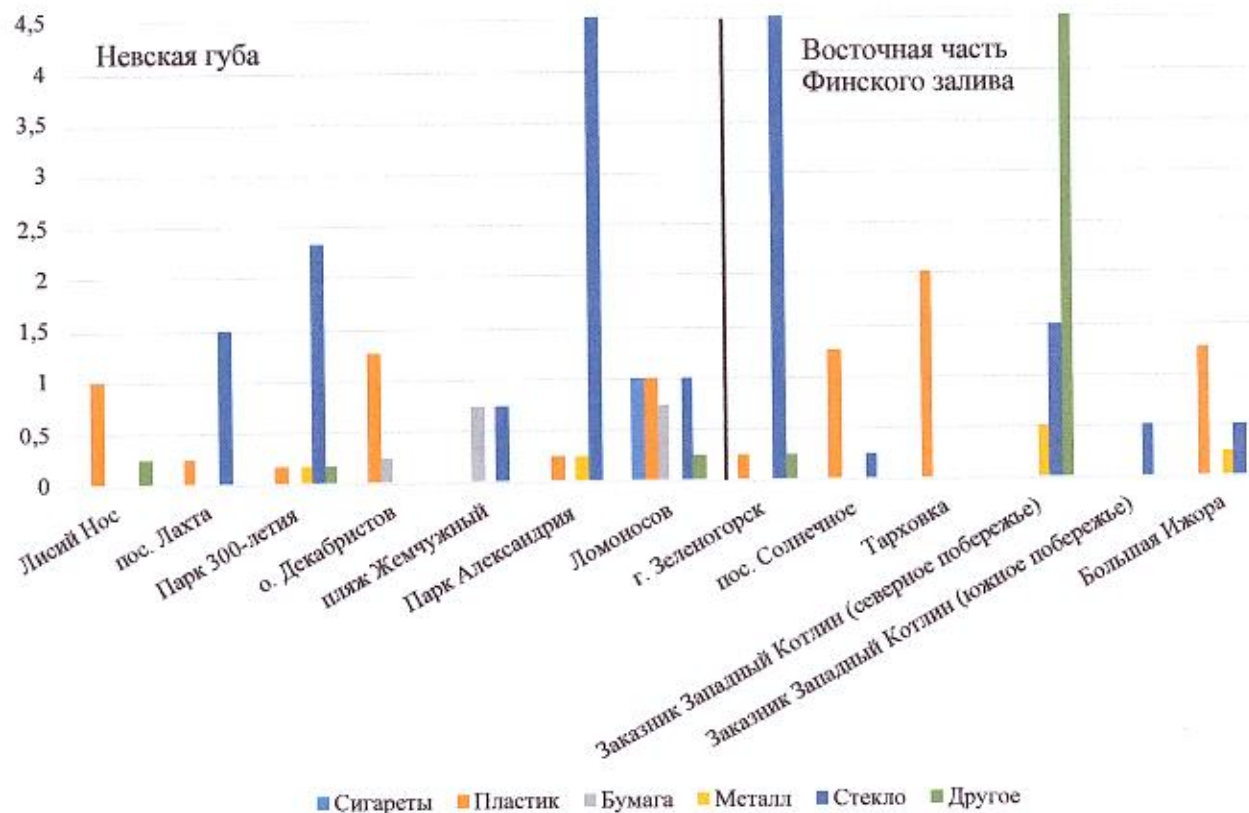


Рисунок 14 - Распределение морского мезомусора, отобранного Frame методом на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 г., шт/м²

Согласно данным таблицы 4 и рисунку 14 среди мезомусора сигареты были найдены только на пляже г. Ломоносов (1 шт/м^2), остальные пляжи не загрязнены данным типом мусора. Исследуемые районы также почти не были загрязнены бумагой и металлом. Содержание мезопластиковых фрагментов характерно для пляжей открытой части восточной части Финского залива, а именно пляж Тарховка (2 шт/м^2), пляжи Ласковый (пос. Солнечное) и Большая Ижора – $1,25 \text{ шт/м}^2$. Среди пляжей Невской губы наиболее загрязнен остров Декабристов – $1,25 \text{ шт/м}^2$. Большое количество стекла также, как и макромусора данной категории, было найдено на пляже парка Александрия (г. Петергоф) ($21,5 \text{ шт/м}^2$) и в г. Зеленогорск ($23,75 \text{ шт/м}^2$). В категорию «другое» также вошел строительный мусор.

Большинство исследуемых пляжей (парк 300-летия, г. Зеленогорск, Жемчужный, Александрия, Ласковый (пос. Солнечное)) регулярно убираемые, однако результаты исследования показывают достаточно высокие значения морского мусора. Прежде всего это связано с гидрологическими факторами, а именно выносом водами морского мусора, поэтому в данной области наблюдается его активная аккумуляция.

Анализ данных, отобранных Rake методом.

Для использования данного метода были выбраны два пляжа – Большая Ижора и Зеленогорск площадью 50 м^2 . Исследования были направлены на зону пляжа от уреза воды до растительности или окончания пляжа, что помогает охарактеризовать всю зону пляжа, а не только зону заплеска, для этого выбранный участок делят на сегменты.

Распределение макромусора на пляже Зеленогорска и Большой Ижоры показано на рисунке 15. Из диаграммы прослеживается наличие пластика во всех сегментах пляжа Зеленогорска, начиная от уреза воды заканчивая линией растительности. Наибольшее количество пластика обнаружено в сегменте S4 ($0,33 \text{ шт/м}^2$). На пляже Большой Ижоры пластик был обнаружен только в первых двух сегментах, то есть в зоне уреза воды, предположительно такой мусор был принесен действием течения.

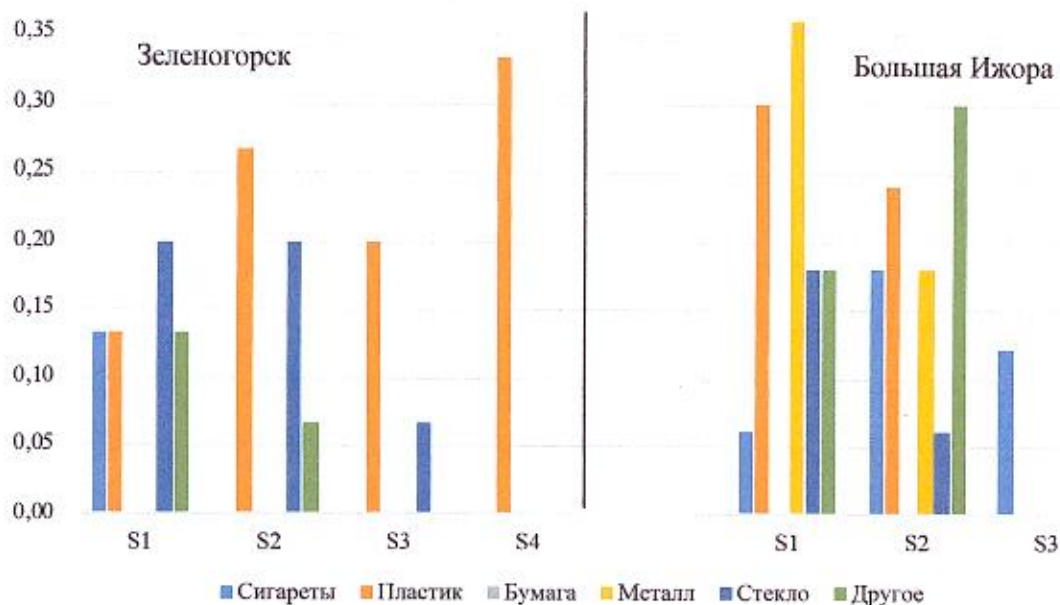


Рисунок 15 - Распределение морского макромусора, отобранного Rake методом на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 г., шт/м²

Преобладающей категорией макромусора на пляжах Большой Ижоры является также металл, в него входят куски металла разных размеров.

Характерной особенностью является отсутствие на двух исследуемых пляжах категории «бумага».

Южный пляж Большой Ижоры более загрязнен макромусором, чем северный пляж Зеленогорска, так как является не убираемым пляжем, на котором в день отбора проб присутствовало много отдыхающих. Но несмотря на это прослеживается четкая закономерность аккумуляции мусора в первых двух сегментах, что обуславливает «морское» происхождение мусора.

Среди мезомусора пляжа Зеленогорска наибольшее загрязнение в урзе воды стеклом (сегмент S1 – 2,87 шт/м² и S2 – 2,07 шт/м²). Пляж Большой Ижоры наоборот больше загрязнен металлом от 0,6 до 0,96 шт/м² по всей территории пляжа.

Несмотря на регулярную уборку городского пляжа Зеленогорска в последнем сегменте присутствует высокое содержание категории «сигареты» (1,67 шт/м²).

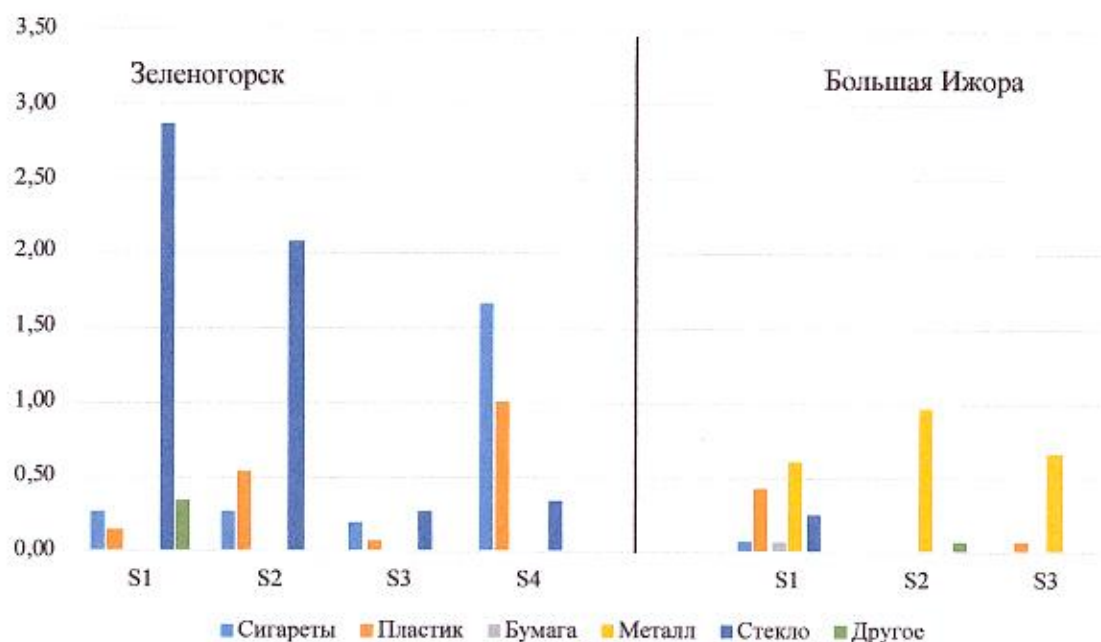


Рисунок 16 - Распределение морского мезомусора, отобранного Rake методом на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы летом 2021 г., шт/м²

Анализируя данные полученные Rake методом, можно сделать вывод о наибольшем загрязнении южной стороны Финского залива (Большая Ижора) чем северной (Зеленогорск). Однако, нельзя говорить о точной закономерности, так как пляж Зеленогорска является регулярно убираемым городским пляжем, в то время как антропогенная нагрузка на дикий пляж Большой Ижоры не меньше, чем в Зеленогорске.

Анализ загрязнения побережья Невской губы и Финского залива ватными палочками.

Ватные палочки являются особым видом морского мусора, в рамках исследования пляжа поселка Лахта на участке пляжа длиной 30 м было найдено 2096 ватных палочек (рисунок 17).



Рисунок 17 - Ватные палочки, найденные на пляже поселка Лахта

Повышенное загрязнение данным типом бытового мусора говорит о том, что в районе пляжа Лахта существует вынос неочищенных бытовых стоков.

Также высокое содержание ватных палочек было обнаружено в поселке Солнечное – 53 шт. на участок пляжа 30 м, что может быть связано с поступлением неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод от населенных районов, расположенных рядом с исследуемым пляжем.

3.2 Анализ данных мониторинга морского мусора предыдущих лет

Мониторинг загрязнения побережий Финского залива и Невской губы морским мусором ведется с 2018 года.

В 2018 году на берегу Финского залива было найдено в общей сложности 1004 единицы морского мусора. На 8 исследуемых точках было обнаружено 52 единицы макромусора (в среднем $0,13 \text{ шт/м}^2$), 419 единиц мезомусора (среднее значение $1,05 \text{ шт/м}^2$). Из них 877 шт. – пластик, окурков сигарет найдено 23 шт.,

стекло – 76 шт., к категории «другое» отнесено 19 шт. мусора, минимальные показатели были получены по следующим категориям морского мусора: бумага (2 шт.) и металл (4 шт.). В данном исследовании морской мусор не был разделен на фракции, поэтому проанализировать макро- и мезо- загрязнение невозможно. Однако из результатов исследования прослеживается четкое преобладание пластикового мусора над остальными категориями морского мусора, также высокое содержание имеет стекло [27].

Согласно исследованиям 2019 года на побережье Невской губы преобладает макро- и мезомусор с преобладанием пластикового загрязнения (окурки сигарет, ватные палочки, различные фрагменты пластика), строительный мусор преобладает в районе пляжей Лахта и Жемчужный. Наибольшее количество сигарет было найдено на пляже Жемчужный (4 шт/м²), а также в Ломоносове и парке 300-летия. Пластиковые частицы были найдены на всех пляжах без исключения, однако наибольшее их количество присутствовало на пляже о. Декабристов (3 шт/м²), также на пляже в пос. Лисий нос и пляже заказника «Западный Котлин» (южное побережье).

На пляжах восточной части Финского залива наиболее загрязненный морским мусором пляж Ласковый в пос. Солнечное. Северный пляж заказника «Западный Котлин» оказался более загрязнен металлом, южное побережье заказника показали меньшее значение.

На результаты исследований 2020 года повлияла пандемия и снижение уровня антропогенной нагрузки, поэтому на первый взгляд наблюдается сокращение морского мусора на побережьях. Среди макро-мусора преобладающим типом мусора оказался пластик, его высокие концентрации наблюдались на пляжах Невской губы, например, парк 300-летия - 10,25 шт/м², Ломоносов - 5,5 шт/м². Высокое загрязнение сигаретами также представлено на пляжах Невской губы (парк 300-летия - 10,25 шт/м², Лахта и о. Декабристов - 1,25 шт/м²), содержание сигарет на пляжах восточной части Финского залива колеблется от 0 шт/м² до 0,5 шт/м². Бумагой не загрязнен ни один пляж, максимальное содержание бумаги - 0,25 шт/м². Металл в наибольшей

концентрации обнаружен на северном побережье заказника «Западный Котлин» (13,25 шт/м²), южное побережье «Западного Котлина» почти не загрязнено (0,75 шт/м²). Высокое содержание стекла представлено на северном пляже заказника «Западный Котлин» (26,5 шт/м²), а также на пляже Ломоносова (18,25 шт/м²). Среди категории «другое» были найдены такие типы мусора как строительный мусор, в данном типе мусора стоит обратить внимание на пляж парка 300-летия (5,50 шт/м²), содержание кирпича на северном пляже заказника «Западный Котлин» оказалось достаточно высоким - 13 шт/м².

Среди мезомусора прослеживается такая же закономерность, как и с макромусором. Наибольшее загрязнение происходит мезо частицами пластика, также почти все пляжи оказались загрязнены металлом.

Сравнивая данные исследований 2018-2020 года с исследованиями 2021 года становится очевидна картина загрязнения морским мусором восточной части Финского залива и Невской губы. Из года в год ситуация загрязнения побережий пластиком не изменяется, он занимает лидирующее место в загрязнении морским мусором на протяжении всего периода исследований. Такая же ситуация прослеживается и с типом макромусора «сигареты», особенно их содержание высоко в местах сильной рекреационной нагрузки на пляжи. Стоит отметить также загрязнение стеклом. На протяжении 4 лет мониторинга пляжи г. Ломоносов и Александрии содержали высокие концентрации макро и мезо частиц стекла, т.к. данные зоны исследования находятся в промышленной зоне стекольного производства. Бумага – самая «чистая» категория морского мусора, в течении всего периода мониторинга, самые низкие показатели загрязненности морским мусором наблюдались именно по данной категории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Загрязнение мирового океана морским мусором беспокоит ученых и общественность уже очень давно, однако до сих пор данная проблема не решена. Финский залив являясь частью Балтийского моря, также подвержен загрязнению.

В рамках проделанной работы была достигнута цель ВКР – проанализированы натурные данные мониторинга морского мусора и дана оценка загрязнения побережья Финского залива и Невской губы морским бытовым мусором.

Наиболее подходящие методы исследования для региона Финского залива – Frame и Rake методы. Данные методы были использованы в рамках проведения исследования на 13 пляжах Финского залива и Невской губы. В рамках отбора проб Rake методом было исследовано два пляжа (Зеленогорска и Большой Ижоры).

Проанализировав данные распределения морского бытового мусора, были сделаны следующие выводы:

На побережье Невской губы преобладающий тип морского мусора – макромусор, состоящий в основном из окурков сигарет, стекла, пластиковых фрагментов и ватных палочек. В первую очередь это связано с высокой антропогенной нагрузкой данных пляжей, а также положением этих пляжей по отношению к дамбе, которая является своеобразным барьером для крупного мусора. Мезомусор представлен большим количеством пластика и стекла.

Парк 300-летия Санкт-Петербурга - наиболее загрязненный пляж, на данном пляже среди макромусора было найдено большое количество сигаретных окурков (12,17 шт/м²), а также пластика (8 шт/м²). Прежде всего такие высокие показатели вызваны антропогенной нагрузкой.

Большое количество ватных палочек было найдено в районе поселка Лахта (2096 шт. на участке пляжа длиной 30 м), что, вероятно, связано с расположенной недалеко северной станцией аэрации ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Высокая рекреационная нагрузка и застройка жилых комплексов вносят существенный вклад в загрязнение пляжа Жемчужный макро-мусором, а именно строительным мусором, стеклом, пластиком, количество мезомусора на данном пляже невысокое.

На загрязнение побережий и акватории Финского залива оказывают влияние не только туристы и отдыхающие, но и промышленность. Так, большое количество стекла (макро - 144,5 шт/м², мезо - 21,5 шт/м²) было отобрано в районе парка Александрия, рекордные по сравнению с другими пляжами значения связаны, вероятнее всего, с расположенными недалеко стекольными производствами.

Регулярная уборка пляжа силами коммунальных служб, волонтеров и жителей окрестных домов помогает сокращать количество морского мусора, однако не является достаточной мерой для удаления мусора с пляжа.

Пляж Ласковый в поселке Солнечное показал низкие результаты загрязнения, однако количество пластика различных фракций остается достаточно высоким (макро - 4,5 шт/м², мезо - 1,25 шт/м²).

При этом городской пляж Зеленогорска, являющийся регулярно убираемым пляжем, показал большое количество мезомусора, представленного стеклом (23,75 шт/м²).

Пляжи северного и южного побережья заказника «Западный Котлин» загрязнены строительным мусором, кирпичом и стеклом. В районе города Кронштадт наиболее встречающийся мусор – металл (за счет расположения портов и ремонтных заводов), а также строительный мусор, представленный кирпичом (за счет большого количества фортвов).

Большое количество металла различных фракций представлено на пляже Большой Ижоры.

Значительное количество макро- и мезомусора привносится на побережья под действием приливной деятельности, что заставляет обращать внимание на недостаточную очистку сточных вод очистными сооружениями.

Большую роль в распространении морского бытового мусора играет не только человек, но и естественные процессы, такие как морские течения. Так пляжи северной части Финского залива остаются менее загрязнёнными, в сравнении с южными пляжами.

Мониторинг распространения морского мусора на побережье Финского залива и Невской губы, проводимый на протяжении 4 лет (2018-2021 гг.) показывает высокие содержания макро- и мезочастиц пластика, а также стекла, при этом для каждого пляжа можно выделить свои специфические категории бытовой компоненты морского мусора. К сожалению, с каждым годом количество морского мусора не уменьшается.

Проблема, с которой столкнулось человечество, требует срочного решения, однако не стоит забывать о личном вкладе каждого человека. Правильное обращение с отходами в рамках своей ответственности возможность каждого человека внести вклад в защиту морских акваторий и Финского залива. Сортировка пластика, отдельный сбор отходов и их правильная утилизация, а также осознанное потребление являются маленьким шагом, способствующим к сокращению загрязнения окружающей среды.

При этом особое внимание стоит уделить разработке мер по борьбе с морским бытовым мусором, его правильной утилизацией, а также идентификацией.

Список использованных источников

- 1 Нежиховский, Р. А. Река Нева и Невская губа. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 112 с.
- 2 Погребов, В. Б., Сагитов Р. А. Природоохранный Атлас Российской части Финского залива, Санкт-Петербург, 2006.
- 3 Рожков, В. А. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 3. Балтийское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия / В. А. Рожков, А. И. Смирнова, Ф. С. Терзиев. — Л.: Гидрометеиздат, 1992. — 447 с.
- 4 Гуделис, В.К. Морфогенетические типы берегов Балтийского моря // Baltica. 1967. 123–145с.
- 5 Alenius, P., Myrberg, K., Nekrasov, A. (1998). The physical oceanography of the Gulf of Finland: a review. Boreal Environment Research 3: 97-125
- 6 Ryabchuk, D., Kolesov, A., Chubarenko, B., Spiridonov, M., Kurennoy, D. & soomere, t. 2011: coastal erosion processes in the eastern Gulf of Finland and their links with geological and hydrometeorological factors. Boreal Env. Res. 16 (suppl. a): 117–137.
- 7 Ананьич, Б.В. Санкт-Петербург: энциклопедия. - СПб.: ИД «Бизнес-пресса», 2006. — 1024 с.
- 8 Оценка численности постоянного населения на 1 января 2022 г. и в среднем за 2021 г. и компоненты её изменения. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения 26.04.2022 г).
- 9 Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году/ Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. - 253с.
- 10 Канализирование. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vodokanal.spb.ru/> (дата обращения 10.04.2022 г.).

11 Территориальная схема обращения с отходами производства и потребления (распоряжение Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга от 13.07.2020 № 193-р с учетом распоряжения Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга от 21.05.2021 № 143-Р).

12 Шахвердов, В. А., Шахвердова, М. В. Типы и факторы загрязнения восточной части Финского залива и его береговой зоны // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. 2015. №176. – 13с.

13 Raateoja M., Pitkänen H., Eremina T. Nutrients in the water / In: The Gulf of Finland Assessment / Ed. by: M. Raateoja and O. Setälä. Reports of the Finnish Environment Institute 27, 2016. P. 94—113.

14 Савчук, О.П., Вулфф, Ф. Круговорот азота и фосфора в открытой Балтике / Вкн.: Проект «Балтика». Проблемы исследования и математического моделирования экосистемы Балтийского моря. Вып.5. - СПб: Гидрометеиздат, 1997. 63—103с.

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

16 Алимов, А.Ф., Голубков, С.М. Экосистема эстуария реки Нева: биологическое разнообразие и экологические проблемы - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 477 с.

17 Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J. et al. (2009) UNEP/IOC Guide-lines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 186, IOC Technical Series No. 83, 120 p.

18 Veiga, J.M., Fleet, D., Kinsey, S., Nilsson, P., Vlachogianni, T., Werner, S., Galgani, F., Thompson, R.C., Dagevos, J., Gago, J., Sobral, P. and Cronin, R. Identifying Sources of Marine Litter – 2016. – 120p.

19 Ершова А.А. Мониторинг морского мусора на побережьях лагун / замкнутых заливов / эстуариев рек (Невская губа) - 2018.

20 UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Program, Nairobi.

21 Moore, C.J. A Comparison of neotenic plastic and zooplankton abundance in southern California's coastal waters / C.J. Moore et al. // Marine Pollution Bulletin. – 2002. – №44 – P. 1035–1038

22 Final report of Baltic marine litter project MARLIN – litter monitoring and raising awareness [Электронный ресурс]. – URL: <http://projects.centralbaltic.eu/project/447-marlin> (дата обращения 23.04.2022 г.).

23 Monitoring of marine litter on beaches in the OSPAR region// OSPAR Commission. 2007. N. 306/2007.

24 Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. (2012) Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. Environmental Science & Technology.

25 Maes T., Garnacho E. 2013/ Summary of current methods of monitoring and assessment for marine litter. Deliverable D1.2 report. MARLISCO project. Marine litter in Europe Seas: Social Awareness and co Responsibility. 2013 – 25 p.

26. Haseler, M., Schernewski, G., Balciunas, A., Monitoring methods for large micro- and meso-litter and applications at Baltic beaches. J Coast Conserv. 2017. – P. 25.

27. Haseler, M., Balciunas, A., Hauk, R., Sabaliauskaite, V., Chubarenko I, Ershova, A., Schernewski, G. Marine Litter Pollution in Baltic Sea Beaches – Application of the Sand Rake Method. Front. Environ. – 2020.