



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

Кафедра Экологии и биоресурсов

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему: «Исследование особенностей накопления морского мусора в  
прибрежной зоне Финского залива»

Исполнитель Ковалева Софья Валдимовна  
(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)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Санкт-Петербург  
2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 Проблема и общая характеристика района исследования.....	4
1.1 Проблема загрязнения морским мусором .....	4
1.2 Физико-географическая характеристика района .....	9
1.3 Экологические проблемы восточной части Финского залива и Невской губы .....	19
2 Материалы и методы исследования .....	21
3 Результаты исследования .....	36
3.1 Анализ проб, отобранных «Фрейм»-методом.....	36
3.2 Анализ проб, отобранных «Рейк»-методом .....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	51

## ВВЕДЕНИЕ

Среди глобальных экологических проблем появилась новая угроза мирового масштаба - загрязнение Мирового океана морским мусором. Исследования данной проблемы проводятся сравнительно недавно, и как следствие, на данном этапе не существует единых унифицированных методик мониторинга. Для Балтийского моря, как части Мирового океана, также актуальны эти исследования. Важно отметить, что Балтийское море – уникальный природный объект, и его сохранение и улучшение экологического благосостояния являются важной задачей.

Предметом исследования является морской мусор - любой устойчивый, изготовленный или обработанный твердый материал, выброшенный в морскую акваторию, в частности в прибрежную зону.

В июне – июле 2018 г. осуществлялся мониторинг морского мусора на пляжах восточной части Финского залива и Невской губы.

Целью данной работы является оценка загрязненности пляжей морским мусором и установление особенностей его распределения на побережье восточной части Финского залива и Невской губы.

Были поставлены следующие задачи:

1. Дать общую характеристику предмета и объекта исследования;
2. Оценить загрязненность прибрежной зоны морским мусором различных размерных категорий и типов;
3. Проанализировать распределение морского мусора на побережье Невской губы и восточной части Финского залива

## 1 Проблема и общая характеристика района исследования

### 1.1 Проблема загрязнения морским мусором

Каждый год тонны отходов сбрасываются в мировой океан. Постепенно море превращается в подводные полигоны. Коренная причина увеличения количества мусора в океане напрямую связана с нашим современным стилем жизни, моделями производства и потребления, а также отношением к отходам и переработке мусора. Морской мусор является новой экологической угрозой для морских акваторий и в целом для планеты. [1,2]

Международное согласованное определение концепции морского мусора, основанное на определениях, которые в течение многих лет широко использовались в контексте морского мусора, недавно было предложено Организацией Объединенных Наций. Согласно этому определению, морской мусор является любым устойчивым, изготовленным или обработанным твердым материалом, выброшенным в морскую акваторию, в частности в прибрежную зону.

Кроме того, морской мусор состоит из предметов, которые были сделаны или использованы людьми и умышленно выброшены в море или реки или на пляжи; случайно потеряны, в том числе материалы, потерянные в море в плохую погоду (рыболовные снасти, груз); или намеренно оставленные людьми на пляжах и берегах.

Таким образом, морской мусор включает в себя все предметы, которые не имеют естественного происхождения и не встречаются в природе в морской среде.

Морской мусор можно классифицировать по размеру и типу материала. По размеру выделяются макро-мусор (>2,5 см), мезо-мусор (0,5 - 2,5 см) и микро-мусор (<0,5 см). По материалу выделяют пластик, стекло, металл, бумагу, сигареты и другое.

Твердые отходы в морской и прибрежной среде вызывают экологические, экономические проблемы, а также оказывают влияние на здоровье человека. Важно учитывать, что некоторые издержки являются очевидными, например, компании, занимающиеся туризмом в прибрежной зоне, могут пострадать, т.к. визуально загрязненные территории мало кого привлекают. Также промышленное рыболовство и аквакультура из-за этого могут нести большие убытки. Но ущерб наносится не только человеку, и об этом стали задумываться совсем недавно. Естественно дикая природа пострадала от этого загрязнения еще в большей степени, чем человек.

Изделия из пластика и полистирола являются основным источником морского мусора на всей территории морской акватории. Эти материалы вместе с металлом и стеклом не разрушаются легко и быстро, поэтому наносят ущерб на протяжении десятилетий. Они прямо и косвенно представляют собой гораздо более серьезную угрозу для окружающей среды, чем изделия из бумаги, дерева, резины, текстиля и кожи. Особенностью пластиковых предметов является то, что они со временем ломаются на очень маленькие фрагменты и волокна, которые встречаются на пляжах, в отложениях и в толще воды, добавляя новые пункты к проблеме. Эти фрагменты и волокна могут попасть в организм морских обитателей, после чего двигаться вверх по пищевой цепи.

Кроме того, был сделан вывод о том, что небольшие кусочки пластика, а также пластиковые волокна и частицы могут адсорбировать загрязняющие вещества (ПХБ, производные ДДТ и нонилфенолы) из воды, которые распространяют токсичные вещества в морской среде и оказывают воздействие на морские организмы.

Крупные части мусора тоже наносят вред организмам, например, животные могут запутываться в рыболовных сетях, что приводит к летальному исходу, т.к. выбраться из них почти невозможно.

Следовательно, можно утверждать, что в морской среде твердые отходы из пластмассы, полистирола, стекла и металла является предметами наибольшего беспокойства. [3]

К основным источникам морского мусора можно отнести:

1. Торговое судоходство, паромы и круизные лайнеры;
2. Рыболовные суда;
3. Военные флоты и исследовательские суда;
4. Морские нефтегазовые платформы;
5. Аквакультурные установки;
6. Полигоны (свалки), расположенные на побережье;
7. Сброс неочищенных городских сточных вод, в т.ч. ливневые стоки (и случайные сбросы);
8. Промышленные объекты (твердые отходы со свалок и неочищенные сточные воды);
9. Туризм (отдыхающие на побережье).

Поверхностные и донные крупные и локальные течения, а также ветер влияют на движение и рассеивание объектов морского мусора из разных источников. Из-за этих природных явлений определенное количество морского мусора останется видимым, плавающим на поверхности воды, а часть в значительной степени невидимым при смешивании с толщей воды, что приведет к скоплению на морском дне. Это будет определять также, какая часть мусора попадает в прибрежную зону.

Важно иметь представление о схеме циркуляции вод и преобладающих ветрах, для того, чтобы сделать выводы о распределении морского мусора на исследуемых пляжах и в акватории.

Мусор на побережье является одним из наиболее очевидных признаков загрязнения морским мусором. Основные наземные источники включают в себя туризм, места размещения отходов и свалки. Основными морскими источниками являются коммерческое судоходство, рыболовство, прогулочные суда и оффшорные установки.

Обследование мусора, попавшего на берег, является основным инструментом для мониторинга морского мусора и используется во всем мире для количественной оценки и описания загрязнения морским мусором.

Важной проблемой, помимо самого загрязнения морским мусором акваторий, является и борьба с ним, т.к. многие даже не знают о ней. Но, не смотря на это, существуют способы изначально предотвратить попадание мусора в Мировой океан.

Прежде всего следует приложить усилия для сокращения образования отходов на судах и платформах. Планы обращения отходов и подготовка к надлежащему обращению с ними необходимы как для крупных судов и платформ, так и для небольших и прогулочных судов. Отходы должны храниться на борту и выбрасываться на берег в надлежащее приемное устройство. Кроме того, сейчас существуют высокие затраты, сложные процедуры, ненужные документы, таможенные правила и т. д. для выгрузки отходов в портах, что часто подталкивает суда на нарушение правил. Также, муниципалитеты, в ведомстве которых находятся данные прибрежные зоны, должны следить за тем, чтобы отходы, оставленные в приемных сооружениях, были надлежащим образом переданы на переработку и полигоны.

Как сказано выше, одним из источников морского мусора являются рыболовные суда, и важной проблемой являются потерянные сети, в которых запутываются животные. Необходимо их помечать или оборудовать устройствами, чтобы в дальнейшем их можно было найти и изъять из акватории.

Полигоны для отходов должны создаваться как можно дальше от водных объектов, а также должен быть жесткий контроль очистки сточных вод.

Что касается пляжного отдыха, контроль должен идти и со стороны местных органов власти, и со стороны отдыхающих. Места отдыха необходимо оборудовать достаточным количеством урн и мусорных баков,

чтобы удовлетворить потребности посетителей этих мест. В свою очередь отдыхающие должны естественно пользоваться этими мусорными баками, а в случае, если органы, отвечающие за их наличие, не позаботились об инфраструктуре, забрать с собой мусор, чтобы исключить его попадание в акватории со своей стороны.

На данный момент ни одна из стран Балтии не проводит систематического мониторинга морского мусора на всем побережье. ХЕЛКОМ подготовил опросник для национального мониторинга в целях обзора процесса мониторинга. Согласно опроснику, несколько стран начинают обследования, проводя экспериментальные исследования, или участвуют в различных региональных или европейских проектах. Так например, проект MARLIN проводил исследования пляжного мусора в 20 ключевых районах Швеции, Финляндия, Эстония и Латвия, в общей сложности имеет 120 оценок пляжного мусора. Данный проект был направлен на получение новых знаний о морском мусоре в Балтийском море, а так же на осведомление общественности о данной проблеме.

В 2008 году ХЕЛКОМ приняла Рекомендацию 29/2 «Морской мусор в регионе Балтийского моря», касающуюся общей методологии мониторинга морского мусора. Данная рекомендация содержит в себе призыв к Правительствам Договаривающихся Сторон Хельсинкской конвенции признать единый унифицированный метод отбора проб и отчетности по морскому мусору, обнаруженному на берегу, и призвать различные организации, занимающиеся контролем морского мусора, использовать его, чтобы получать сопоставимые результаты. Также там говорится о поддержке работы по контролю за морским мусором, и сотрудничестве с общественными организациями и местными органами самоуправления по данному вопросу.

Однако в регионе Балтийского моря было очень мало инициатив по исследованию источников, количества или воздействия мусор. В докладе ХЕЛКОМ-ЮНЕП за 2007 год и в документе ХЕЛКОМ GEAR 2/2012

содержится обзор некоторых источников и количества пляжного и плавающего мусора.

После Министерского заседания ХЕЛКОМ 3 октября 2013 г. было решено «разработать общие индикаторы и соответствующие цели, связанные с количеством, составом, источниками и путями распространения морского мусора, чтобы получить информацию о долгосрочных тенденциях его распространения в Балтийском море».

В Декларации заседания министры также решили разработать к 2015 году региональный план действий, с целью достижения значительного количественного сокращения морского мусора к 2025 году, и предотвратить вред для морской среды.

## 1.2 Физико-географическая характеристика района

Финский залив (рисунок 1) - относительно узкий водный бассейн, его протяженность с запада на восток составляет 410 км. Площадь восточной части Финского залива - 11 тыс. км<sup>2</sup>. Восточная часть Финского залива состоит из открытой акватории (протяжённость около 140 км и наибольшая ширина 130 км), а также из пяти крупных заливов (губ) второго порядка. На территории данной акватории расположены Выборгский и Нарвский заливы, Лужская и Копорская губы. На востоке Финский залив замыкается Невской губой, которая в результате строительства Комплекса защитных сооружений от наводнения («дамбы») превратилась в природно-техногенную лагуну. Площадь Невской губы составляет 320 км<sup>2</sup> при длине 25 км и ширине 15 км. Граница Российской части залива проходит от устья р. 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.[4]

Финский залив свободно сообщается с солоноватыми водами Балтийского моря, но из-за большого влияния несущего в него свои воды Невы он сильно опреснен, средняя соленость 2-3 ‰.

Невская губа ограничена песчаным баром — системой отмелей на востоке. С востока на запад его длина составляет 3—5 км, ширина с севера на юг 12—15 км. Западная граница проходит по линии Лисий Нос—Кронштадт — Ломоносов; северная — заказником "Северное побережье Невской губы". Общая площадь водного зеркала до создания Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга была около 329 км<sup>2</sup>; если линию защитных сооружений принять за современную западную границу Невской губы, то площадь водного зеркала составит 380 км<sup>2</sup>. После создания Комплекса защитных сооружений Невская губа стала природно-техногенной лагуной; по этой же причине водообмен стал хуже между Невской губой и солоноватыми водами Финского залива, а также уменьшено вторжение ветровых волн из залива в губу.

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, Кюренниemi и мыс Лисий Нос и др.).[5]

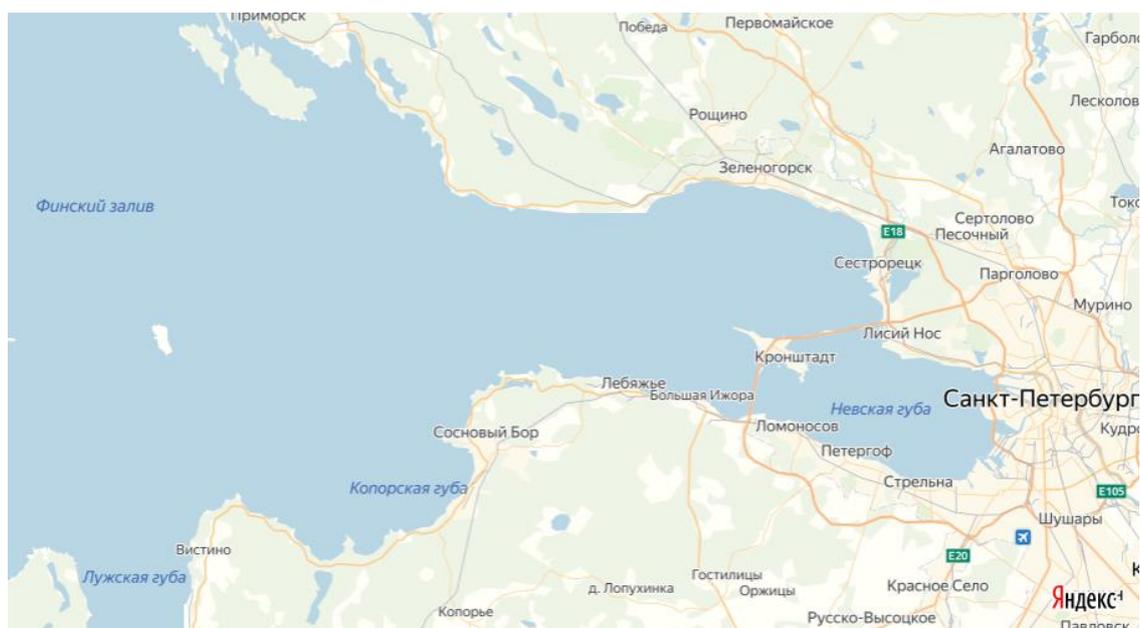


Рисунок 1 - Финский залив

### Климатическая характеристика объекта исследования

Рассматриваемый бассейн, который относится к Балтийской водной экосистеме, расположен в умеренном климатическом поясе, в атлантико-континентальной лесной зоне и западном субрегионе. Климат формируется под воздействием морских атлантических и континентальных воздушных масс, а также периодического появления арктического воздуха и активной циклонической деятельности. Его особенностями являются высокая влажность воздуха, теплое и сырое лето и длинная холодная зима с оттепелями. Атмосферная циркуляция в основном определяет формирование климата в холодный период, когда регион находится под наибольшим влиянием Атлантики. Значительное количество тепла приносят циклоны Атлантики, благодаря чему зима становится более теплой, а осенью температуры выше, чем весной. Циклоническая активность весной и летом значительно снижается и, следовательно, увеличивается климатообразующая роль радиационных факторов.

На территории исследуемого объекта наблюдаются почти все опасные метеорологические явления: сильный ветер, в том числе шквалы,

кратковременные сильные и продолжительные дожди, метели, град, туманы и наводнение.

Зима длится около 3,5 месяца: с декабря до середины марта. Первая половина зимы обуславливается в основном пасмурной, ветреной погодой с большим количеством осадков, что связано с преобладанием западного переноса воздушных масс.

Соответственно весна начинается в середине марта и продолжается до конца мая. Для этого периода характерны большие перепады в погоде: от жары  $+25^{\circ}\text{C}$  в конце апреля до заморозков к концу мая.

Лето умеренно теплое и влажное, длится с начала июня и до второй декады сентября. Основные опасные метеорологические явления (гроза, ливень, шквалы и град) происходят в это время года. Связано это с конвективной облачностью, развивающейся как на атмосферных фронтах, так и внутри неустойчивых влажных воздушных масс. Усиления ветра чаще всего короткие и шквалистого характера, повторяемость штилей – большая.

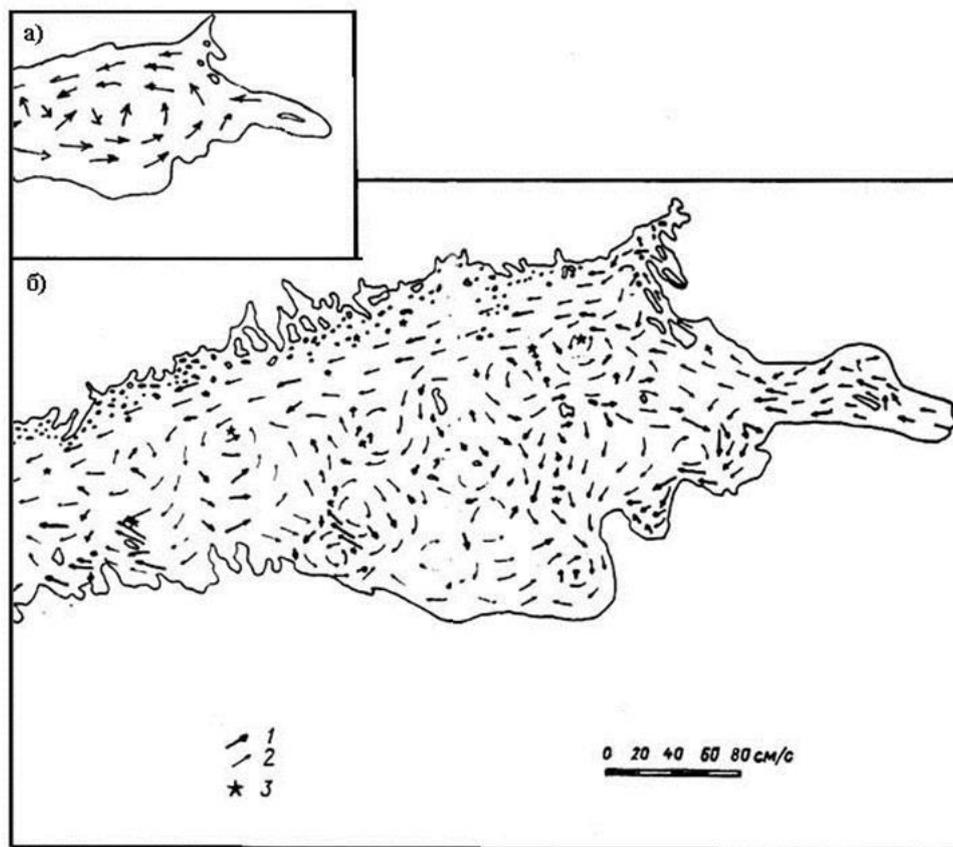
Для осени характерны длительные периоды дождливой погоды, но в сентябре и октябре характерны интенсивные волны тепла, которые устанавливают теплую и солнечную погоду. Морозная погода и устойчивый снежный покров иногда устанавливаются в конце октября, особенно в годы с интенсивными и частыми вторжениями арктического воздуха. [6]

#### Гидрологическая характеристика объекта исследования

Гидрологическая характеристика восточной части Финского залива в целом не сильно отличается от остальных районов Балтийского моря, но все-таки отличия есть по ряду показателей: температура, уровень воды и соленость. Циркуляция воды в данной акватории подчиняется системе постоянных разнонаправленных течений вместе с временными волновыми сгонно-нагонными, стоковыми и дрейфовыми явлениями. Постоянное входящее течение идет с запада на восток (вдоль северного берега), более

сильное выходное течение направлено противоположно: от устья р. Невы вдоль южного берега. Если происходят изменения гидрометеорологических условий, то система течений значительно меняется, но скорость природных течений, как правило, не превышает 0.1 – 0,5 м/с. Амплитуда приливно-отливных колебаний слабая (1 – 5 см). [7]

Главными факторами, которые оказывают воздействие на течения (рисунок 2) в восточной части Финского залива, являются речной сток, длинные волны штормового нагона и ветровой дрейф. В районе Невской губы и мелководного района от Кронштадта до м. Шепелевский течения в среднем направлены на запад (в этой части преобладает влияние стока р. Невы), а в северной части Копорской и Лужской губы – на северо-восток и север. Кроме естественных факторов, существуют антропогенные, которые не в меньшей степени оказывают влияние на течения. Большое влияние оказывает строительство защитных сооружений, которые установили барьер между Невской губой и мелководным районом от Кронштадта до м. Шепелевский. Произошло перераспределение стока Невы, который сконцентрировался в Морских воротах к югу от Кронштадта и практически прекратился в северной части Невской губы, где перед плотиной образовалась застойная зона, ширина которой составляет несколько километров. [8]



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

Рисунок 2 – Карта течений Финского залива [9]

Главный гидродинамический эффект в прибрежных зонах определяется волнением, внутренними волнами и нагонными колебаниями уровня, который может привести к наводнению. С марта по август средняя высота волн составляет 1 – 2 м, а с сентября по февраль – 2 – 3 м. В штормовые дни высота волн может достигать 6 м, при скорости ветра 15 – 40 м/с. Основное количество штормовых дней выпадает на период с сентября по март.

Наиболее значительное повышение уровня воды в восточной части Финского залива связано с влиянием штормового нагона, вызванного комбинированным эффектом дрейфового переноса и длинных волн. Прогрессивные волны, которые находятся в резонансе с циклонами, проходящими над Балтийским морем и Финским заливом с запада на восток,

приводят к сильным наводнениям. Так же на уровень воды оказывает большое влияние сток рек, в особенности р. Нева. [7]

На поверхности температура воды в Финском заливе изменяется в соответствие с температурой воздуха. В период с января по март залив покрыт льдом, и температура держится около 0°C. В апреле начинается прогрев поверхностных вод и продолжается до конца июля – начала августа. В конце августа активно идет перемешивание вод, это связано с охлаждением поверхностных вод залива и опусканием их вниз.

Для восточной части Финского залива характерно такое явление, как апвеллинг – подъема глубинных вод на поверхность. Чаще всего он проявляется в прибрежных зонах при сгоне ветром прогретых поверхностных вод от берега.

Балтийское море, если сравнивать его с мировым океаном почти распреснено. В открытой части на поверхности соленость составляет 6 – 8‰, а в донных впадинах – 11 - 15‰. 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‰). [10]

### Рельеф дна и берегов

Рельеф дна и склоны Финского залива представляют собой многочисленные останцы в виде островов и банок, которые протягиваются вдоль северного и северо-западного берегов. Такое происхождение рельефа связано с погружением и дроблением древних пород южного края Балтийского щита. Менее выраженным является рельеф вдоль северного края Восточно-Европейской платформы: здесь преобладает главным образом блоковый тип расчленения, связанный с дроблением палеозойских пород Северо-Эстонского глинта (глинт – геологическое образование; природный уступ, образованный осадочными породами, своего рода срез пласта земной

коры). Высота отдельных глинтов составляет 60 м. В сторону Нарвского залива уступ постепенно теряет морфологическое выражение. Основная впадина Финского залива, достигающая в ширину 20 км, является как бы «шовной» зоной между Балтийским щитом на севере и Восточно-Европейской плитой на юге, и имеет унаследованный рельеф. [6]

Рельеф фундамента постепенно сглаживается с запада на восток и формирует отдельные бассейны, сливающиеся как бы в один ближе к Невской губе.

Современный этап геоморфологического образования рельефа Финского залива характеризуется захоронением первичного рельефа из-за активного осадконакопления, особенно это заметно в центральной и восточной частях залива. [11]

Рельеф побережья представляет собой сложную террасированную поверхность. Поверхность морской равнины слабо наклонена в сторону залива и находится на абсолютных отметках 10 – 12 м. Она отделена от озерно-ледниковой равнины, которая расположена гипсометрически выше, четким уступом или береговыми валами, расположенными на расстоянии от 1,5 км (п. Большая Ижора) до десятков метров (форт Красная Горка) от современной береговой линии. [12] Морская равнина складывается песчаными отложениями, в основном, мелкозернистыми, кварцево-полевошпатовыми песками с линзами разнозернистого песка. На поверхности морской равнины находятся реликтовые береговые валы, дюны, косы и пляжи.

Нижний ярус рельефа берега представлен современными абразионными террасами, пляжами и песчаными косами. В настоящее время основным литодинамическим механизмом является перемещение в направлении потока насосов волнообразных контуров береговой линии, которые формируют зоны разрыва, транзита и аккумуляции. [13, 14, 15]

Значительные площади береговой зоны Финского залива, включая прибрежные мелководья, относятся к поверхностям морского

аккумулятивного и абразионного рельефообразования. Эта генетическая группа рельефа на суше обозначается как абразионно-аккумулятивная равнина.

На северо-восточном берегу Финского залива (Сестрорецкий разлив и Лахтинская впадина) морская равнина изменяется по ширине от 3 до 12 км. По времени своего образования равнина относится к среднему голоцену и связана с образованием литориновой трансгрессии. [16]

### Морфогенетические типы берегов

На формирование берегов восточной части Финского залива оказывают влияние субаэральные и тектонические процессы, в частности Выборгский залив был сформирован таким образом. Также берега формируются под действием неволновых факторов, к таким типам относятся устьевые участки крупных рек. [16]

Выделяется несколько типов берегов на исследуемой территории: выравнивающиеся бухтовые (абразионный валунный в районе форта Красная горка, абразионный песчаный в центральной части), вторично-расчлененные (абразионно-аккумулятивный песчаный в п. Лебяжье и Большая Ижора) и техногенные (восточный берег Невской губы). За историю развития г. Санкт-Петербурга были существенно преобразованы берега антропогенным фактором: созданы набережные, берегозащитные сооружения разного типа, насыпные и намывные территории. 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). [17, 18]

Песчаные пляжи восточной части Финского залива подвержены абразии. Интенсивность размыва на протяжении всей территории не одинакова. Участки на северном берегу, которые относятся к шхерному типу, и береге Копорской губы и Лужской относительно стабильны. Активно протекает абразия в рекреационно-ценных районах, таких как Курортный район Санкт-Петербурга, Невская губа и пос. Большая Ижора. Локальные зоны аккумуляции наблюдаются только в устьевых участках. К стабильным пляжам можно отнести район в п. Солнечное.

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 и 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. [5]

### 1.3 Экологические проблемы восточной части Финского залива и Невской губы

Одной из основных экологических проблем восточной части Финского залива и Невской губы является эвтрофирование. Данная проблема связана как с природными особенностями водоема, так и с высокой антропогенной нагрузкой на него. Финский залив имеет ограниченный водообмен с Центральной Балтикой, а также в большом количестве в него поступают биогенные элементы (фосфор и азот) от сельскохозяйственных угодий и муниципальных округов. [19, 20]

Антропогенное эвтрофирование приводит к цветению воды и в целом ухудшению состояния вод залива, что может привести к нарушению биоценоза, в частности исчезновению некоторых видов гидробионтов. В последние годы в Санкт-Петербурге были модернизированы очистные сооружения, и поступление биогенных элементов снижено, но эвтрофикация остается достаточно высокой. [21]

Высокое антропогенное воздействие оказывает Комплекс Защитных Сооружений. Он привел к изоляции Невской губы от остальной акватории Балтийского моря, вследствие чего нарушен водообмен. Так же во время строительства увеличилась мутность воды из-за дноглубительных и других гидротехнических работ. Повышенная мутность воды может приводить к сокращению планктона, который служит кормовой базой для рыб и выступает в качестве фильтраторов. [22]

Со стоком рек (110 км<sup>3</sup>/год) в Финский залив поступает большое количество загрязняющих веществ. [23] На территории Санкт-Петербурга расположено большое количество предприятий, который сбрасывают сточные воды в реки. Химико-аналитическое определение концентрация тяжелых металлов показало, что акватория Невской губы в наибольшей степени загрязнена медью, цинком и марганцем.

Еще одной проблемой являются полигоны ТБО и несанкционированные свалки в городе и Ленинградской области. С их территорий в акваторию Финского залива могут поступать загрязняющие вещества, а так же сам мусор. Долгое время с полигона твердых бытовых отходов – 3 в районе п. Новоселки, со стоками р. Черная и р. Каменка в Лахтинский разлив поступали биогенные элементы и тяжелые металлы, не исключено, что и частицы мусора также попадали в залив.

Так, можно выделить еще одну экологическую проблему – загрязнение морским мусором акваторий Финского залива и Невской губы. Основными источниками являются полигоны ТБО, рекреационная нагрузка на пляжи, судоходство и сточные воды города.

## 2 Материалы и методы исследования

Мониторинг морского мусора проводился в июне – июле 2018 года на пляжах Невской губы и восточной части Финского залива. Важно отметить, что пляжи отличаются по морфогенетическим типам берегов, и отбор проб осуществлялся при разных метеорологических условиях, что оказало влияние на результаты.

Были исследованы следующие пляжи (рисунок 3):

### Невская губа

1. Парк 300-летия
2. Лахта
3. Лисий Нос
4. Приморская – ЗСД
5. Жемчужный пляж
6. Александрия
7. Ломоносов

### Открытая часть

8. Тарховка
9. Комарово
10. Солнечное
11. Зеленогорск
12. Кронштадт (северный пляж)
13. Кронштадт (южный пляж)

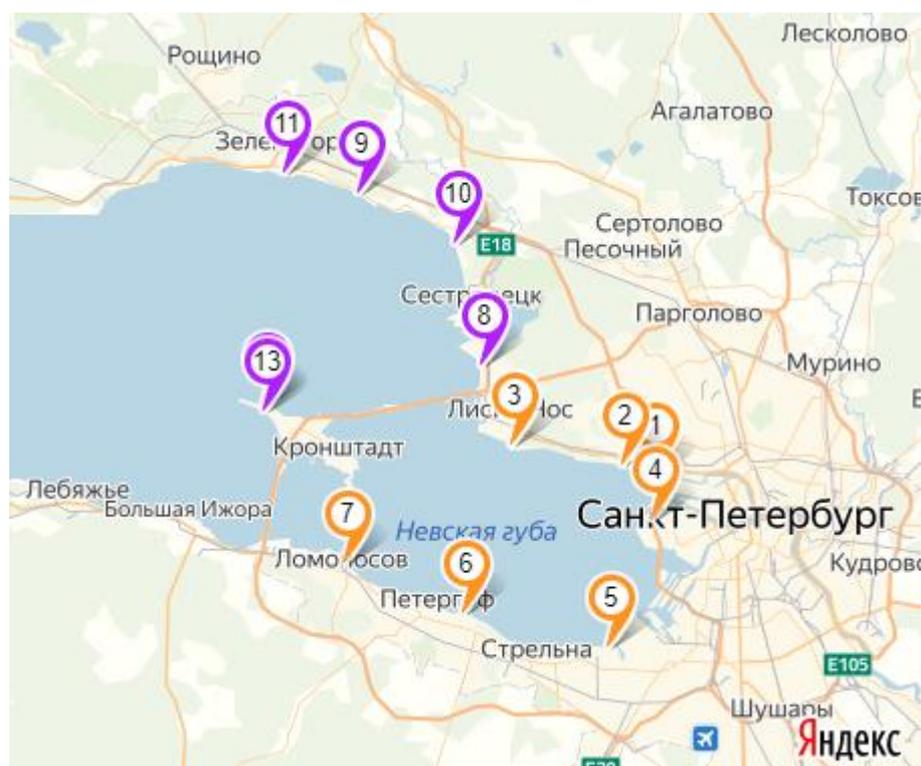


Рисунок 3 - Исследуемые пляжи

### Методики мониторинга морского мусора

В ходе мониторинга использовались две методики отбора проб: «Фрейм»-метод и «Рейк»-метод.

Таблица 1 - Использование методик отбора проб на пляжах

Методика	Название пляжа
«Фрейм»-метод	Парк 300-летия
	Лахта
	Лисий Нос
	Приморская – ЗСД
	Жемчужный пляж
	Александрия
	Ломоносов
«Рейк»-метод	Тарховка
	Солнечное
	Комарово
	Зеленогорск
	Кронштадт (северный пляж)
Кронштадт (южный пляж)	

Таблица 1 - Использование методик отбора проб на пляжах

Методика	Название пляжа
«Фрейм»-метод и «Рейк»-метод»	Гарховка
	Комарово
	Зеленогорск
	Кронштадт (северный пляж)

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). [15]

Данные методики были выбраны, потому что являются наиболее подходящими для наших типов пляжей, а также используются в Европе и мире, где проводились подобные исследования. Это позволит позже сравнить результаты с другими странами и сделать выводы о тенденциях распределения морского мусора в масштабах не только Балтийского моря, но и Мирового океана.

Две эти методики ориентированы на разные зоны пляжа: «Фрейм»-метод позволяет отобрать пробы в зоне заплеска (область воздействия волн и аккумуляции морского мусора), а «Рейк»-метод нацелен на территорию, ограниченную урезом воды и линией растительности.

Важно отметить, что хоть эти методики и являются наиболее подходящими, при этом имеют свои недостатки. «Фрейм»-метод рассчитан на песчаный пляж с мелкой фракцией, но часть проб отбиралась в Невской губе, где некоторые пляжи песчано-галечные. В дальнейшем требуется усовершенствование этой методики в целях адаптации к нашим пляжам.

## «Фрейм»-метод

Как говорилось выше, данный метод нацелен на зону заплеска. Соответственно, в этой области пляжа размечается область площадью  $40 \text{ м}^2$  ( $4 \times 10 \text{ м}$ ) вдоль линии воды, и выбранный участок отмечается вешками (рисунок 4). После этого снимаются его GPS-координаты. Далее в намеченном прямоугольнике проводится визуальная съемка макро-мусора (размер  $>25 \text{ мм}$ ), и все предметы размером более  $25 \text{ мм}$  собираются и подсчитываются.

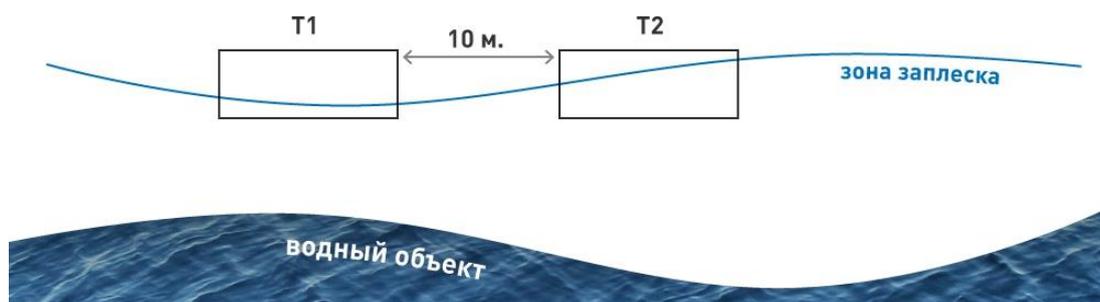


Рисунок 4 - Схема расположения выбранных участков

Для отбора проб мезо- и микро-мусора внутри выбранного участка ( $40 \text{ м}^2$ ) размечаются два квадрата площадью  $1 \text{ м}^2$  каждый на расстоянии друг от друга  $3 \text{ м}$  (рисунок 5).

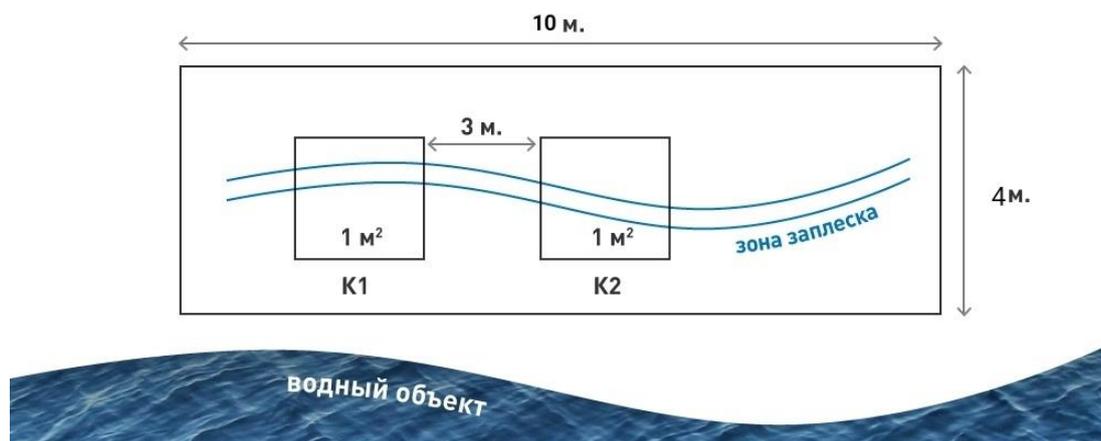


Рисунок 5 - Схема расположения квадратов площадью 1 м<sup>2</sup>

Первый квадрат (К1) помещается в самую загрязненную часть внутри выбранного участка.

При отборе проб мезо- и микро-мусора используются:

- металлическое сито (диаметр ячеек 2 мм);
- металлический шпатель;
- ведро.

Верхние 2 см песка снимаются металлическим шпателем и помещают в металлическое сито. Сито осторожно, не полностью погружается в наполненное наполовину водой ведро и вручную потряхивается, пока весь песок не смоется. Далее выбирается мезо- и микро-мусор и собирается в заранее подготовленные полиэтиленовые пакеты, которые маркируются (подписывается название места отбора проб, номер полигона и квадрата). Процедура повторяется до тех пор, пока не будет просеян весь квадрат отбора проб.

Органические материал, найденный на сите, такие как морские водоросли, мидии и т.д., можно выбросить. Перед этим необходимо убедиться, что частицы мусора не прилипли к органическому материалу.

На каждом месте отбора проб необходимо выполнять как минимум 1 контрольный разрез (Т2), чтобы доказать, что мы не влияем на результаты, выбирая местоположение места отбора проб (рисунок 2). Контрольный отбор

проб выполняется на расстоянии 10 м вдоль линии воды от уже исследуемого участка.

Необходимо во время отбора проб проводить фотосъемку, чтобы в дальнейшем прикрепить эти материалы к протоколам (рисунки 6,7).



Рисунок 6 - Полигон 40 м<sup>2</sup> на пляже Комарово



Рисунок 7 - Полигон 40 м<sup>2</sup> на пляже Лахта

После выполнения отбора проб заполняются бумажные протоколы, в них заносятся следующие данные:

1. Название места отбора проб
2. Номер полигона
3. Дата, время начала и окончания отбора проб
4. Длительность отбора проб
5. Координаты места отбора проб
6. Название метода
7. Наблюдатели и их контактные данные
8. Информация о пляже (ширина, тип берега, шторм/нагон)
9. Погодные условия (скорость и направление ветра, температура воздуха и облачность)
10. Уровень воды

Анализ проб проводится в лаборатории.

Порядок выполнения камеральной работы:

1. Морской мусор в пакете сначала рассматривается, потом делится по фракциям (макро, мезо и микро) и раскладывается на лист миллиметровки. Обязательно делается фотография, чтобы приложить в протокол (рисунки 8,9).

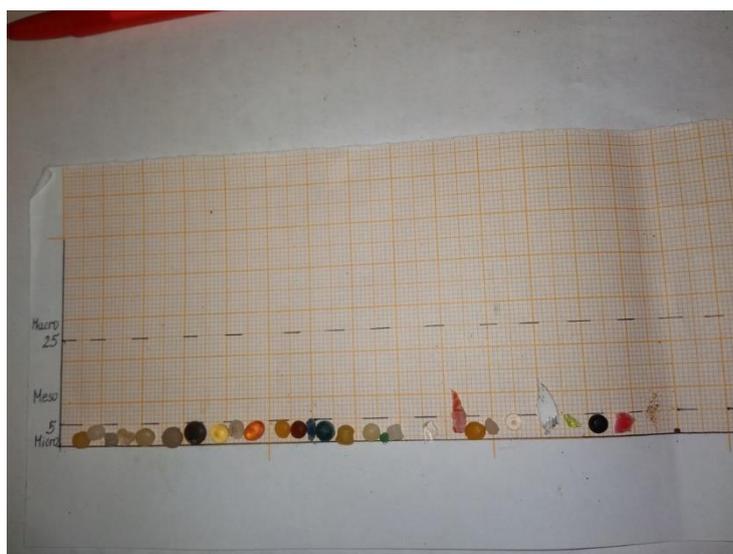


Рисунок 8 - Проба морского мусора (Пляж Комарово, «Фрейм»-метод)

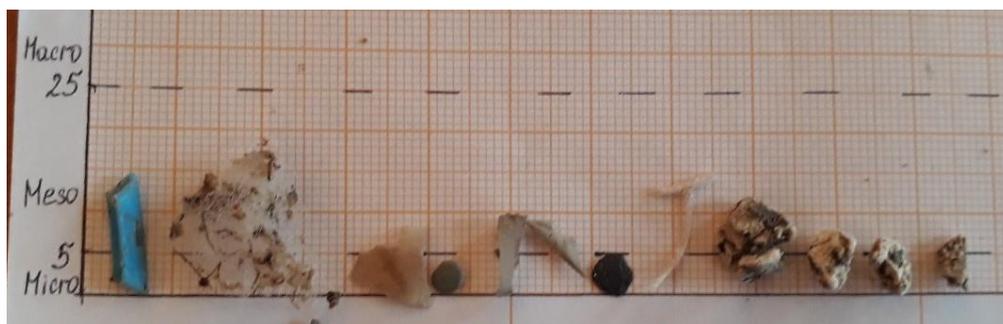


Рисунок 9 - Проба морского мусора (Пляж Лахта, «Фрейм»-метод)

2. Морской мусор классифицируется по типам материалов (сигареты, пластик, металл, стекло, бумага и другое). Каждой единице отобранной пробы присваивается код.

3. Подсчитывается количество частиц по типу материала и фракциям, и определяется вес.

4. Вся информация из протокола, заполненного на месте отбора проб, переносится в протокол в формате Excel. Также протокол дополняется информацией о морском мусоре (количество, вес, фракции, типы материалов, кодировка). Прикрепляются фотографии, сделанные во время отбора проб, и фотографии морского мусора на миллиметровке.

#### «Рейк»-метод

Пляжи для отбора проб морского мусора выбираются в соответствии с критериями OSPAR. Проект OSPAR — европейский проект, посвященный разработке методов мониторинга морского мусора на пляжах и оцениванию наличия морского мусора в Северо-Атлантическом регионе. В проекте участвовало десять стран (Германия, Бельгия, Дания, Испания, Франция, Нидерланды, Португалия, Великобритания, и Швеция), а также мониторинг проводился на территории России.

Пляжи для проведения мониторинга OSPAR должно соответствовать следующим критериям:

- состоят из песка или гравия и должны подвергаться воздействию открытого моря;

- доступные для съемок в течение всего года;

- возможен вывоз мусора с пляжа;

- пляж имеет минимальную длину 100 м;

- без построек.

Для отбора проб выбираются также интенсивно рекреационно-используемые пляжи, где проводятся ежедневные уборки пляжа (макро-мусор), для оценки аккумуляции мезо- и микро мусора.

Для оценки скорости накопления мусора в течение некоторого периода времени можно провести несколько повторных отбора проб этим методом с интервалом около 2 недель.

При последующих повторных мониторинговых исследованиях отбираются пробы также с соседней области (перекрестная проверка), для того чтобы выяснить, существует ли разница в количестве мусора обследованными и неисследованными ранее районами. [24]

Рейк-Метод обычно применяется между линией воды и линией растительности вдоль всего пляжа. Если нет линии растительности, мониторинг заканчивается в зависимости от конкретного типа береговой линии у: защитной стены от наводнений, утеса, ряда домов и тому подобное.

Если планируется два или более повторных отбора проб, должно быть минимальное расстояние между трансектами (разрезами) - не менее 100 м.

Для осуществления этого метода мониторинга необходимы специальные инструменты – грабли (размер ячеек 0,2 см, ширина 50 см), для просеивания песка (рисунок 10).



Рисунок 10 - Грабли для просеивания песка

Выбирается участок для исследования, снимаются GPS-координаты у линии воды и у линии растительности. Проводится прямая линия между двумя точками, расстояние измеряется рулеткой. Площадь полигона должна составлять 50 м<sup>2</sup>. Если линия меньше 100 м, то делается несколько прогонов (рисунок 11).



Рисунок 11 - Расположение полигона

От линии воды (нулевое положение) до линии растительности каждые 5 м устанавливается маркер (флаг). В зависимости от ширины пляжа возможно разное количество сегментов. При определенных обстоятельствах

последние сегменты (на линии растительности) могут быть короче из-за различной ширины пляжей (рисунок 12).



Рисунок 12 - Расположение сегментов на полигоне

Отбор проб начинается у линии воды и движение происходит в сторону растительности. Площадь одного сегмента стандартно составляет  $2,5 \text{ м}^2$  (S1). Песок просеивается по сегментам. Отобранный материал в граблях встряхивается до тех пор, пока все фрагменты, меньше, чем размер ячеек, не просеется через грабли. Крупный или влажный песок иногда нельзя просеять за весь сегмент сразу, в таком случае забор песка происходит меньшими частями. Песок при встряхивании не должен попадать за пределы граблей. Также важно, чтобы мусор и песок не выдувало ветром.

Любой вид мусора, обнаруженный в граблях, должен быть проанализирован в лаборатории. Могут быть найдены частицы макро-, мезо- и микро-мусора, а также камни и органический материал. Камни и органический материал удаляются и помещаются за пределы зоны мониторинга. Остальной мусор помещается в полиэтиленовые пакеты. Для каждого сегмента заводится новый пакет, он маркируется:

1. Номер сегмента (S1, 2, 3...n)
2. Место отбора проб
3. Дата отбора

После того, как пройден первый прогон, рабочее направление меняется и движение осуществляется от линии растительности к линии воды. Прогонки должны граничить друг с другом без промежутков. Чаще всего хватает 2 – 3-х прогонов на пляж, чтобы достичь площади 50 м<sup>2</sup>, но в некоторых случаях и больше.

Необходимо отметить, что помимо того, что должен соблюдаться размер полигона (площадь не менее 50 м<sup>2</sup>), важным условием является количество найденного мусора (не менее 20 единиц). Если площадь полигона уже больше 50 м<sup>2</sup>, но найдено менее 20 единиц мусора, требуется больше полос (прогонов) до тех пор, пока не будет найдено 20 предметов мусора. В конечном счете, начатые полосы (прогоны) должны быть завершены, даже если уже достигнуто 50 м<sup>2</sup>, и найдено 20 предметов (или более) мусора.

Глубина отбора проб песка в каждой полосе и сегменте должна быть на сколько это возможно одинаковой и составлять от 3 до 5 см (рисунок 13).

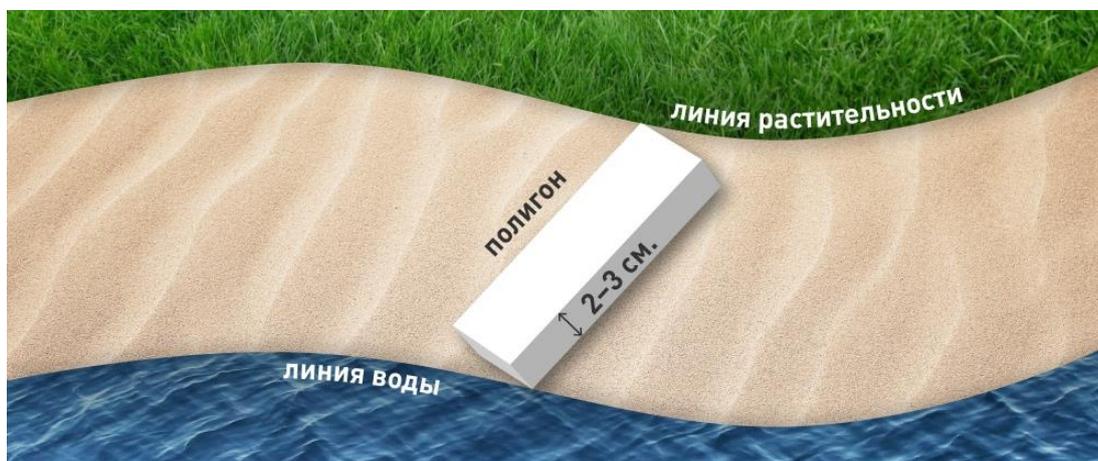


Рисунок 13 - Глубина прогона

После выполнения отбора проб заполняются бумажные протоколы, в них заносятся следующие данные:

1. Название места отбора проб
2. Номер полигона
3. Дата, время начала и окончания отбора проб

4. Длительность отбора проб
5. Координаты места отбора проб
6. Название метода
7. Наблюдатели и их контактные данные
8. Информация о пляже (ширина, тип берега, шторм/нагон)
9. Погодные условия (скорость и направление ветра, температура воздуха и облачность)
10. Уровень воды

Обработка проб проводится в лаборатории.

Порядок выполнения камеральной работы:

1. Весь отобранный морской мусор по прогонам делится по фракциям (макро, мезо и микро) и раскладывается на лист миллиметровки. Обязательно делается фотография, чтобы приложить в протокол (рисунок 14).

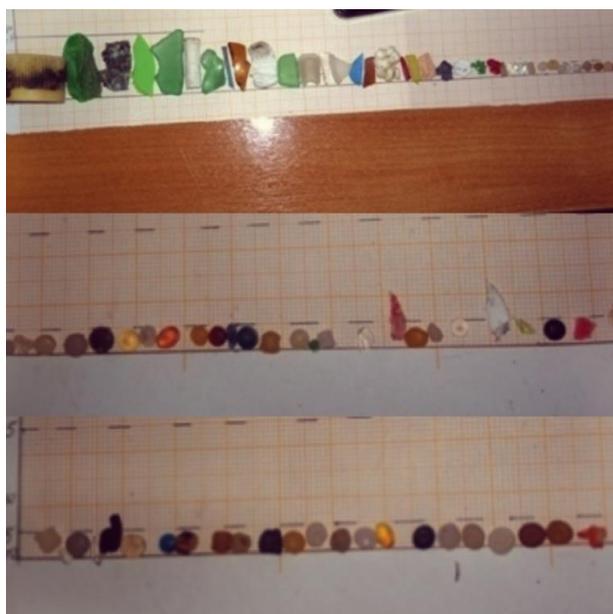


Рисунок 14 - Пробы мезо- и микро-мусора на миллиметровке (Пляж Комарово, «Рейк»-метод)

2. Морской мусор классифицируется по типам материалов (сигареты, пластик, металл, стекло, бумага и другое). Каждой единице отобранной пробы присваивается код.

3. Подсчитывается количество частиц по типу материала и фракциям, и определяется вес.

4. Вся информация из протокола, заполненного на месте отбора проб, переносится в протокол в формате Excel. Также протокол дополняется информацией о морском мусоре (количество, вес, фракции, типы материалов, кодировка), данные заносятся в таблицу (таблица 2). Прикрепляются фотографии, сделанные во время отбора проб (рисунки 15, 16), и фотографии морского мусора на миллиметровке.

Таблица 2 - Пример заполнения таблицы в протоколе (Пляж Комарово, «Рейк»-метод)

Размер	Сигареты	Пластик	Бумага	Металл	Стекло	Другое	Всего, шт	Вес , г
Микромусор	0	114	0	0	24	4	147	4,488
Мезомусор	4	45	0	1	13	2	72	18,448
Макромусор	1	24	0	0	1	1	27	10,138
Всего	5	183	0	1	38	7	234	33,074



Рисунок 15 - Полигон 50 м<sup>2</sup> (Пляж Комарово, «Рейк»-метод)



Рисунок 16 - Полигон 50 м<sup>2</sup> (Пляж Солнечное, «Рейк»-метод)

Для дальнейшей обработки данных была создана база данных, куда были занесены все результаты отбора проб. В базе хранятся данные о названии пляжа, его местоположение (GPS-координаты), дате и методе отбора проб, количестве макро-, мезо- и микро-мусора в штуках и граммах. В Приложение А представлены метаданные о базе данных.

### 3 Результаты исследования

#### 3.1 Анализ проб, отобранных «Фрейм»-методом

На рисунке 17 представлены данные о количестве макро-мусора в Невской губе и открытой части Финского залива, пробы отбирались «фрейм»-методом. Данных о п. Солнечное нет, т.к. из-за плохих погодных условий данным методом не удалось отобрать пробы.

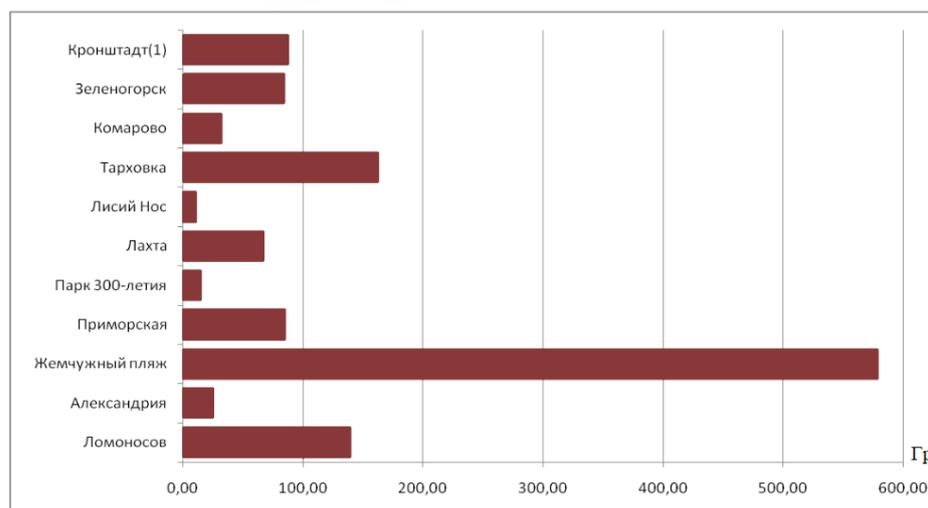


Рисунок 17 - Распределение макро-мусора в Невской губе и открытой части Финского залива, гр/100 м<sup>2</sup>, «Фрейм»-метод

Из этого графика видно, что наиболее загрязненным (по макро-мусору) является Жемчужный пляж, расположенный на юге Санкт-Петербурга (Невская губа), на нем было обнаружено 579 гр/100 м<sup>2</sup> макро-мусора. Наименее загрязненным является пляж в Лисьем Носу, который также расположен в Невской губе (север Санкт-Петербурга), вес, собранного макро-мусора, составляет 10,8 гр/100 м<sup>2</sup>. Среднее значение по всем пляжам составляет 117,3 г/100 м<sup>2</sup>.

В ходе анализа было выявлено, что в макро-мусоре в основном были обнаружены предметы из пластика и стекла. На южных пляжах г. Санкт-Петербурга (г. Ломосонов и Александрия) доля стекла в пробе составляет 73,5% и 45% соответственно. Предметы из пластика присутствуют во всех пробах. Можно отметить, что на северном берегу их значительно больше, чем на южном.

На рисунке 18 представлено количество мезо-мусора на всех исследуемых пляжах, пробы отбирались «Фрейм»-методом.

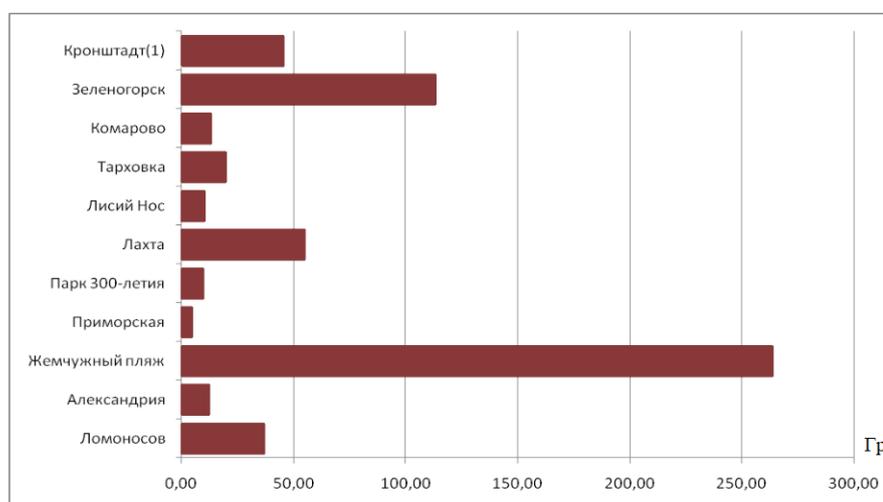


Рисунок 18 - Распределение мезо-мусора на пляжах Невской губы и открытой части Финского залива, гр/100м<sup>2</sup>, «Фрейм»-метод

На Жемчужном пляже было отобрано наибольшее количество мезо-мусора (264,06 гр/100 м<sup>2</sup>), наименьшее количество – на пляже Приморская (4,79 гр/100 м<sup>2</sup>), который расположен в Невской губе. Среднее значение по всем пляжам составляет 53,3 г/100м<sup>2</sup>.

Распределение по материалам мезо-мусора схоже с макро-мусором, но пластиковых предметов было обнаружено меньше, а тип материала «другое» встречается чаще. В составе «другого» было много строительного мусора. Так, в парке 300-летия, Лахте и Ломоносове было обнаружено много частиц

строительного мусора. Можно сказать, что данные материала попали на пляжи из моря, т.к. постоянно проводятся реконструкции портов, дноглубительные и другие гидротехнические работы, и часть мусора, часто не специально, попадает в морскую акваторию.

На рисунке 19 представлены данные по микро-мусору. Пробы отбирались «фрейм»-методом, представлено в шт/100м<sup>2</sup>. Микро-мусор представляется в штуках, в отличие от макро- и мезо-мусора, потому что в пробах содержится большое количества пластика, вес которого достаточно маленький. Если представлять в граммах, то не будет отражена реальная картина распространения мусора.

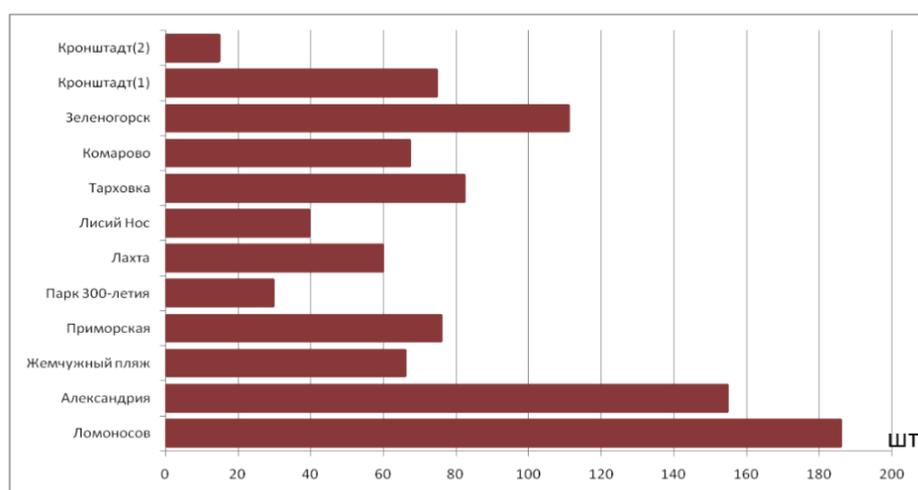


Рисунок 19 - Распределения микро-мусора на пляжах Невской губы и открытой части Финского залива, шт/100м<sup>2</sup>, «Фрейм»-метод

На данном графике представлено количество микро-мусора в шт/100м<sup>2</sup>. Наибольшее количество частиц микро-мусора было обнаружено на пляже в г. Ломоносов (186,25 шт/100м<sup>2</sup>), который расположен на юге Санкт-Петербурга, наименьшее - на южном пляже г. Кронштадт (15 шт/100м<sup>2</sup>), который располагается почти в открытой акватории. Среднее количество частиц составляет 80,4 шт/100м<sup>2</sup>. Можно отметить, что количество микро-частиц на Северном пляже г. Кронштадт в 5 раз больше, чем на южном.

Также был построен график, на котором представлена доля микро-пластика в пробах микро-мусора (рисунок 20).

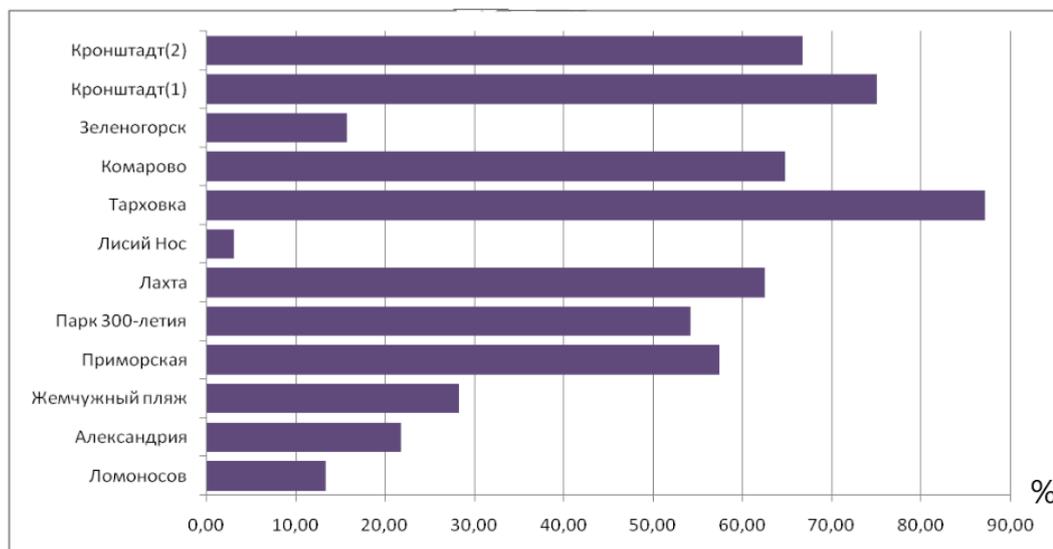


Рисунок 20 - Доля микро-пластика в пробах микро-мусора

Наибольшее количество микро-пластика была обнаружено на пляже Тарховки (87,9%), этот пляж расположен в открытой части Финского залива. Наименьшее – Лисий Нос (3,13%), который располагается в Невской губе. На графике видно, что доля микро-пластика в целом больше на пляжах, расположенных в открытой части залива, чем в Невской губе.

На рисунке 21 представлено распределения морского мусора по материалам в Невской губе и открытой части Финского залива в целом по всем пробам.

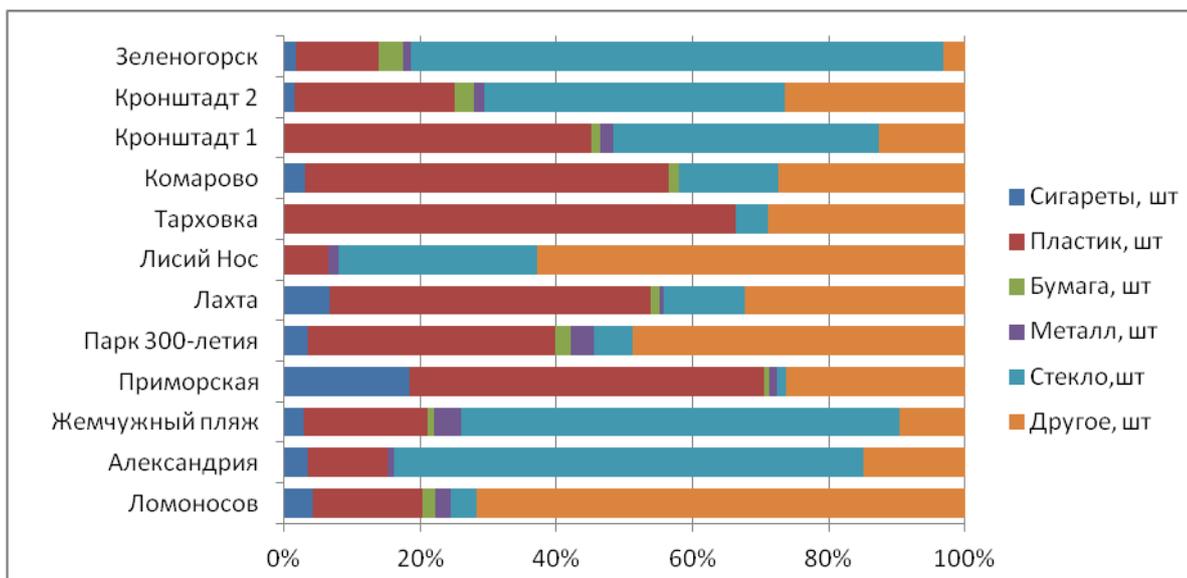


Рисунок 21 - Распределения морского мусора по типу материала в Невской губе и открытой части Финского залива

Из графика видно, что на всех пляжах был обнаружен пластик в достаточно большом количестве. В открытой части его больше, чем в Невской губе, это может быть связано с тем, что открытая часть в большей степени подвержена влиянию течений и ветров. Также содержание стекла в пробах достаточно большое, особенно на юге Санкт-Петербурга (парк Александрия и Жемчужный пляж). Эти пляжи расположены в черте города, следовательно, антропогенная нагрузка очень высокая, в частности рекреационная.

### 3.2 Анализ проб, отобранных «Рейк»-методом

В открытой части Финского залива пробы отбирались также «Рейк»-методом. На рисунке 22 представлены результаты отбора проб макро-мусора в открытой части.

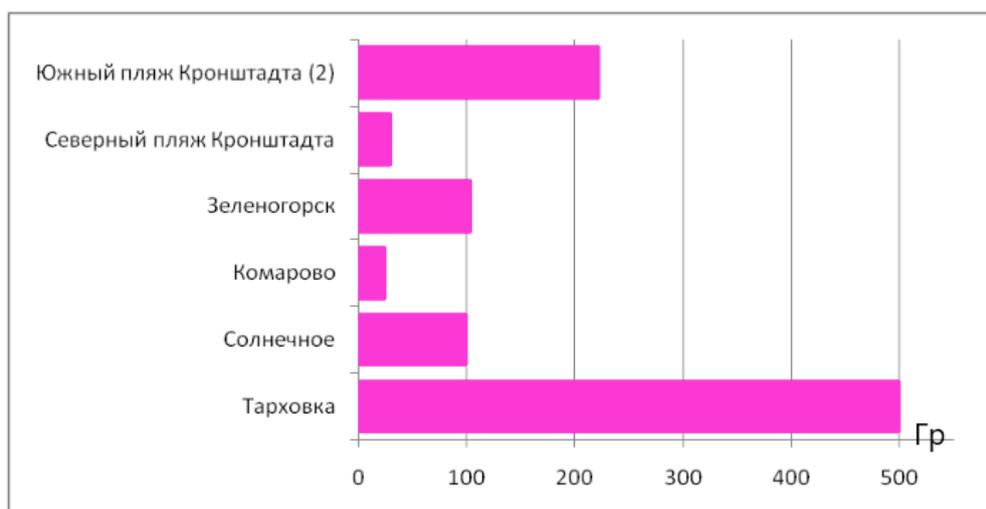


Рисунок 22 - Распределения макро-мусора в открытой части Финского залива, гр/100 м<sup>2</sup>, «Рейк»-метод

На данном графике представлено количество макро-мусора в гр/100м<sup>2</sup>. Видно, что наибольшее количество макро-мусора было обнаружено на пляже в Тарховке (500 гр/100м<sup>2</sup>), наименьшее – Комарово (25,3 гр/100 м<sup>2</sup>). Среднее количество составляет 163,8 гр/100м<sup>2</sup>. Практически на всех пляжах вес отобранных проб не превышает 100 гр/100 м<sup>2</sup>, кроме Южного пляжа г. Кронштадт, и соответственно пляжа в Тарховке.

Анализируя пробы макро-мусора, было выявлено, что преобладающим материалом в них является пластик. Все пляжи расположены в открытой части Финского залива, следовательно, подвержены в большей степени действию ветра, в частности сгонно-нагонным явлениям. Соответственно, предположительно там будут активно накапливаться предметы, принесенные морем.

На следующем рисунке показано количество мезо-мусора в гр/100 м<sup>2</sup> на пляжах открытой части Финского залива (рисунок 23).

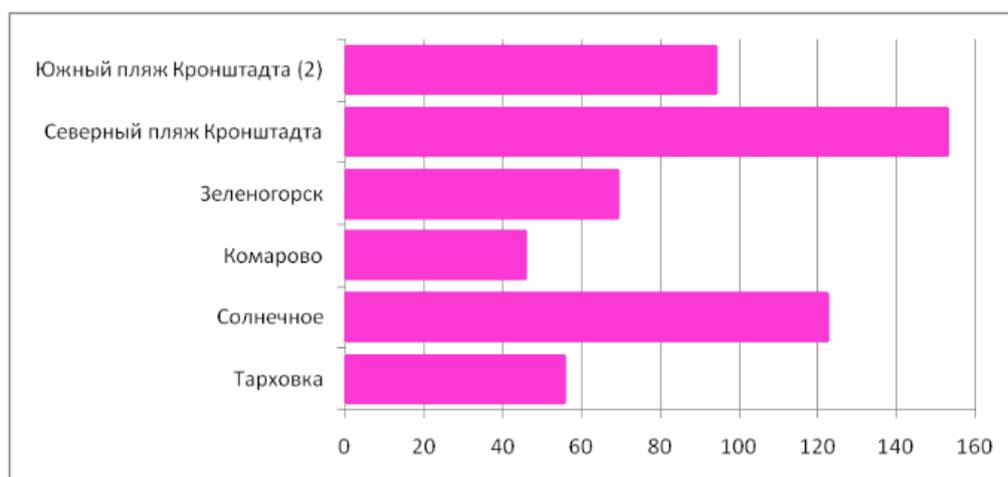


Рисунок 23 - Распределение мезо-мусора в открытой части Финского залива, гр/100 м<sup>2</sup>, «Рейк»-метод

Из рисунка 18 видно, что наибольшее количество мезо-мусора было обнаружено на Северном пляже г. Кронштадт (153,2 гр/100 м<sup>2</sup>), наименьшее – так же в Комарово, как и макро-мусора (46,1 гр/100 м<sup>2</sup>). Среднее значение составляет 90,2 гр/100м<sup>2</sup>. Почти на всех пляжах вес мезо-мусора не превышает 100 гр/100 м<sup>2</sup> (как и макро-мусора), кроме пляжа в п. Солнечное, и соответственно северного пляжа г. Кронштадт.

В мезо-мусоре много предметов из пластика, также как и в макро-мусоре. Но на северном и южном пляжах Кронштадта большую долю составляет металл, такую активную аккумуляцию металла на пляже можно объяснить близостью порта.

Также как и по «Фрейм»-методу, есть данные по распределения микро-мусора в открытой части Финского залива (рисунок 24).

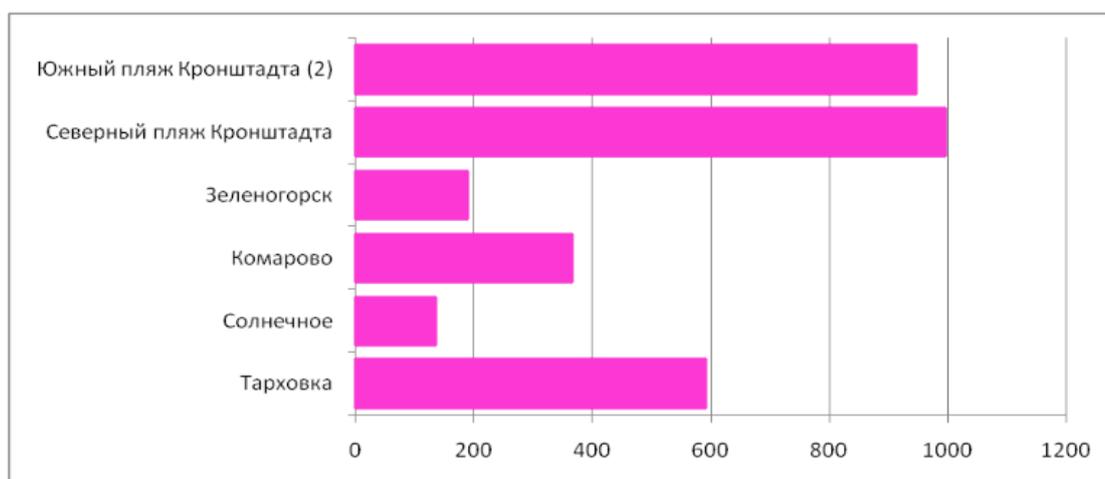


Рисунок 24 - Распределение микро-мусора в открытой части Финского залива, шт/100 м<sup>2</sup>, «Рейк»-метод

Количество микро-мусора представлено в шт/100 м<sup>2</sup>. Из графика видно, что по микро-мусору наибольшее количество найдено на Северном пляже Кронштадта (997,5 шт/100м<sup>2</sup>), а наименьшее – в Солнечном (135 шт/100м<sup>2</sup>). Среднее значение составляет 538 шт/100м<sup>2</sup>. Ранее говорилось, что в зоне заплеска в Кронштадте количество микро-мусора на Северном и Южном пляжах различается в 5 раз, а по этой методике количество практически одинаковое.

По этой методике была рассчитана доля микро-пластика в пробах микро-мусора (рисунок 25).

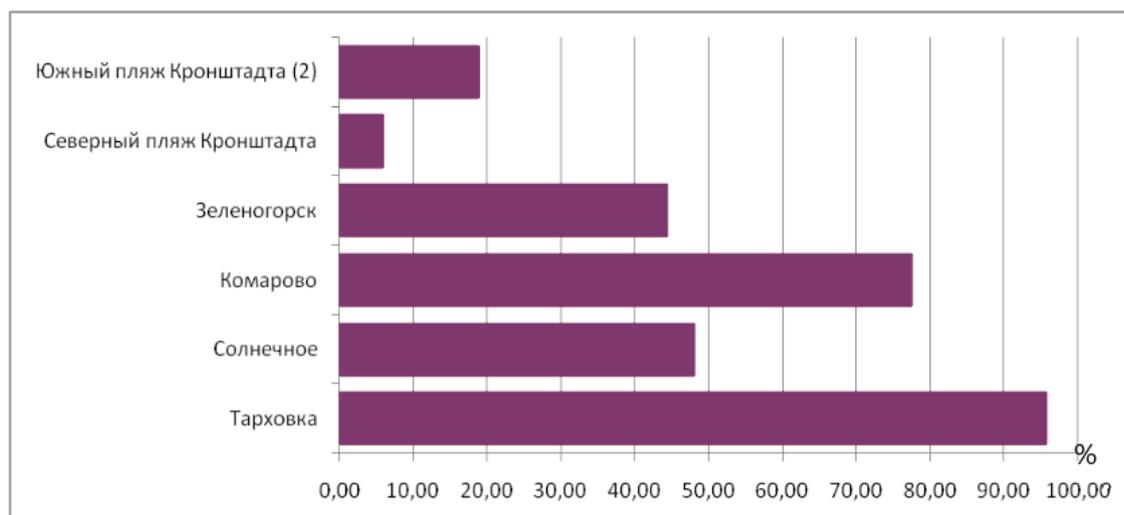


Рисунок 25 - Доля микро-пластика в пробах микро-мусора, %, «Рейк»-метод

Из данного графика видно, что доля микро-пластика в пробах микро-мусора наибольшее в Тарховке (95%), по методике, рассматривающей зону заплеска, Тарховка так же занимала первое место по доле микро-пластика. Наименьшее количество обнаружено на Северном пляже Кронштадта (6,02%). Важно отметить, что доля микро-пластика на Южном пляже Кронштадта превышает в 3 раза долю на Северном пляже, хотя количество микро-мусора примерно одинаковое.

В целом можно сделать вывод, что аккумуляция пластиковых микро-частиц идет очень активно в открытой части, остальные же материалы составляют долю значительно меньшую.

Для проб, отобранных «рейк»-методом так же есть данные по всем типам материалов, представлено на рисунке 26.

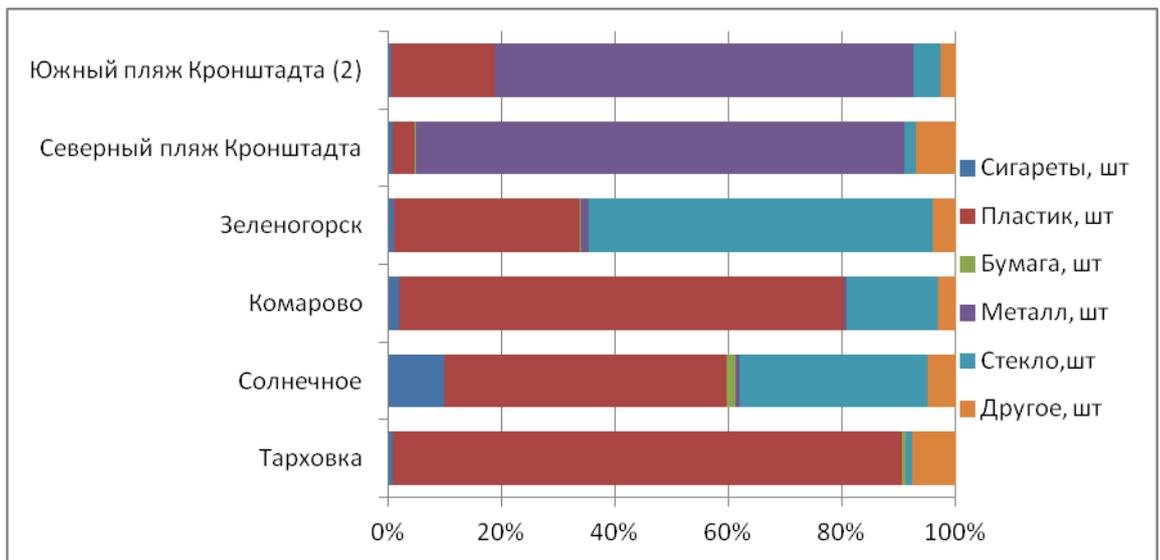


Рисунок 26 - Распределение морского мусора в открытой части Финского залива по типу материалов, «Рейк»-метод

На всех пляжах в открытой части был также обнаружен пластик в большом количестве. На графике видно, что на северном и южном пляжах г. Кронштадт было найдено много металла. Такое распределение может быть объяснено близостью портов. Большое количество стекла в г. Зеленогорске и п. Солнечное, предположительно, связано с антропогенной нагрузкой, в большей степени рекреационной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была рассмотрена новая глобальная экологическая проблема – загрязнение акваторий морским мусором.

В ходе работы были исследованы особенности распространения морского мусора на побережье восточной части Финского залива и Невской губы, оценена загрязненность пляжей морским мусором и выявлены основные источники.

Для отбора проб использовались две методики: «Фрейм» и «Рейк» методы. Данные методики нацелены на разные зоны пляжа: зона заплеска и участок от уреза воды до линии растительности соответственно. «Рейк»-метод предназначен для широких песчаных пляжей (пляжи открытой части Финского залива), «Фрейм»-метод может использоваться как в Невской губе, так и в открытой части. Это позволило изучить всю ширину пляжа и сделать выводы об особенностях аккумуляции морского мусора на побережье открытой части Финского залива и Невской губы и выявить основные источники поступления.

Таким образом, в Невской губе к наиболее загрязненным можно отнести пляжи, расположенные на юге Санкт-Петербурга (г. Ломоносов, Жемчужный пляж, парк Александрия). Наименее загрязненные пляжи расположены на севере города. Главными источником морского мусора на этих пляжах является рекреационная нагрузка и возможно, Северная станция аэрации, со стоками которой в Невскую губу могут выноситься микро- и мезопластиковые частицы из бытовых стоков, не фильтруемые очистными сооружениями. Из-за построенного Комплекса Защитных Сооружений сообщение Невской губы с остальной акваторией Финского залива затруднено, поступление мусора из открытой части залива ограничено, поэтому можно говорить о преобладающей роли города Санкт-Петербурга в загрязнении Невской губы мусором.

В открытой части залива наиболее загрязненный пляж расположен на севере о. Котлин, а наиболее чистый – в Комарово. В открытой части Финского залива в значительной степени пляжи подвержены влиянию сгонно-нагонных явлений и ветрового волнения. Важным фактором является экспозиция пляжа: так, на пляжах Кронштадта и Тарховки активнее аккумулируется морской мусор, что вероятно связано с преобладанием в данном районе юго-восточных и юго-юго-восточных ветров.

Также можно сделать вывод о том, что основным загрязняющим побережья материалом является пластик, т.к. он был обнаружен на всех пляжах и относительно других материалов в большем количестве. В большей степени он аккумулируется в открытой части Финского залива, чем в Невской губе.

Так как данная проблема стоит достаточно остро, необходимо предпринимать меры по ее ликвидации. Все пляжи должны быть оборудованы мусорными баками, а также регулярно проводится уборочные мероприятия. При строительстве в районе водных объектов и на них необходимо использовать новейшие технологии, и усилить контроль за соблюдением экологического законодательства. В целом в городе необходимо улучшить системы очистки сточных вод, чтобы минимизировать попадание частиц мусора в акваторию Финского залива, полигоны для отходов должны создаваться как можно дальше от водных объектов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin. (2011), Andrady A.L. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11003055> (дата обращения 02.03. 2019)
2. Moore, C.J. A comparison of neustonic plastic and zooplankton abundance in southern California's coastal waters / C.J. Moore et al. // Marine Pollution Bulletin. – 2002. – №44 – P. 1035–1038
3. Monitoring of marine litter on beaches in the OSPAR region// OSPAR Commission. 2007. N. 306/2007.
4. Нежиховский Р. А. Река Нева и Невская Губа, Ленинград: Гидрометеиздат, 1981
5. Погребов В. Б., Сагитов Р. А. Природоохранный Атлас Российской части Финского залива, Санкт-Петербург, 2006
6. Приказ Невско-Ладожского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов № 136 от 23.10.2015 «Об утверждении Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) рек и озер бассейна Финского залива (от границы Российской Федерации с Финляндией до северной границы бассейна реки Невы)// Книга 1 «Общая характеристика бассейнов рек и озер бассейна Финского залива от границы Российской Федерации с Финляндией до северной границы бассейна р. Нева».
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект "Моря". Том III. Балтийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия/ Отв. ред. Ф.С. Терзиев. С.-Петербург, Гидрометеиздат, 1992, 452 с.
8. Некрасов А.В., Воды восточной части Финского залива// Наши ценности среды обитания – Санкт-Петербург, 2005. –250 с.

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

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

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

12. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Ильменская. Лист О-35-VI. Объяснительная записка. Составили: В.А. Селиванова, И.С. Недригайлова. Редактор Т.Н. Алиханова. — М.: «Недра», 1964

13. Леонтьев И.О. Динамика профиля песчаного берега на различных масштабах времени. // Сборник научных трудов «Фундаментальная и прикладная гидрофизика», 2010, № 4(10), с.78–89.

14. Сергеев А.Ю., Рябчук Д.В., Жамойда В.А., Неевин И.А., Дронь О.В. Голоценовая история образования литоморфодинамической аномалии в южной береговой зоне Финского залива (район пос. Большая Ижора). // Региональная геология и металлогения, 2014, т. 56

15. 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.

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

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

18. Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А., Соловьева Г. Д.

Развитие барьерно-лагунных систем юго-восточной Балтики // *Океанология*. 2008. Т. 40. № 4. С. 641–647.

19. 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.

20. Raateoja M., Pitkänen H., Eremina T., et al. 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.

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

22. Б. Горбунова А.В. Воздействие взвешенных веществ на планктонных фильтраторов// Сб. науч. трудов ГосКИОРХ.- 1988. - вып. 288.- 69-70 с.

23. Voronov A. N., Viventsova E. A. Groundwater runoff into the Gulf of Finland // *Water Resources*. 2004. – P. 46

24. 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. – P. 25

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Приложение А

Таблица 1 - Метаданные базы данных

Часть акватории	Место	Дата	Широта	Долгота	Фрейм-метод	Рейк-метод	Количество проб
Невская губа	Парк 300-летия	21.06.2018	59,9808	30,1992	+	-	4
	Лахта	26.06.2018	59,9876	30,1584	+	-	2
	Лисий Нос	26.06.2018	60,0018	30,0052	+	-	2
	Приморская	22.06.2018	59,9500	30,2000	+	-	4
	Жемчужный пляж	27.06.2018	59,8621	30,1385	+	-	2
	Александрия	27.06.2018	59,8853	29,9400	+	-	2
	Ломоносов	28.06.2018	59,9197	29,7789	+	-	4
Открытая часть	Тарховка	05.07.2018	60,0597	29,9633	+	+	5
	Комарово	04.07.2018	60,1744	29,7989	+	+	5
	Солнечное	29.06.2018	60,140073	29,930259	-	+	2
	Крошгадт(1)	09.07.2018	60,0286	29,6675	+	+	3
	Крошгадт (2)	09.07.2018	60,0286	29,6671	+	+	3
	Зеленогорск	11.07.2018	60,1878	29,6947	+	+	4