



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(Магистерская работа)

На тему «Исследование пластикового загрязнения морской среды  
Баренцева моря»

Исполнитель \_\_\_\_\_ Голубева Екатерина Андреевна \_\_\_\_\_  
(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)

\_\_\_\_\_ Алексеев Денис Константинович \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

«11» 06 2025 г.

Санкт-Петербург  
2025

## Оглавление

Список сокращений и аббревиатур .....	4
Введение .....	5
1. Физико-географическая характеристика Баренцева моря .....	8
1.1 Гидрометеорологическая характеристика моря .....	10
1.1.1 Температура воды .....	10
1.1.2 Соленость и химический состав морской воды .....	12
1.1.3 Течения и циркуляция водных масс в Баренцевом море .....	13
1.1.4 Климатические характеристики .....	17
1.1.5 Ледовые условия .....	18
1.2 Физико-географическая характеристика архипелагов Баренцева моря .....	21
1.2.1 Архипелаг Земля Франца-Иосифа .....	22
1.2.2 Архипелаг Новая Земля .....	24
2. Проблема пластикового загрязнения морской среды в Арктике и в Баренцевом море .....	28
2.1 Глобальная проблема морского мусора .....	28
2.1.1 Проблема морского мусора в Арктике и в Баренцевом море .....	30
2.2 Морской мусор в морских птицах и млекопитающих Арктики .....	34
3. Материалы и методы исследования .....	38
3.1 Материалы исследования .....	38
3.2 Методы исследования морского мусора .....	40
3.2.1 Метод учета морского мусора на берегах .....	40
3.2.2 Метод учета плавающего мусора на поверхности моря .....	45
4. Результаты исследования .....	47
4.1 Результаты исследования морского мусора на побережьях .....	47
4.1.2 Сравнение результатов исследований в российской части Баренцева моря и зарубежных исследований на побережьях архипелага Шпицберген и в Норвегии .....	56
4.2 Результаты исследования мусора, плавающего на поверхности моря .....	61
4.3 Выводы .....	65
Заключение .....	69

Список использованных источников .....	73
Приложение А. Протокол исследования 100 м участка пляжа по рекомендациям OSPAR .....	79
Приложение Б. Пример классификатора MSFD.....	80

## Список сокращений и аббревиатур

АВ	–	Атлантические воды
арх.	–	архипелаг
БАВ	–	Баренцевоморская атлантическая вода
ЗФИ	–	Земля Франца-Иосифа
ПФЗ	–	Полярная фронтальная зона
СЛО	–	Северный Ледовитый океан
СМП	–	Северный морской путь
ФАВ	–	Фрамовская атлантическая вода
АМАР	–	Arctic Monitoring and Assessment Programme
GES	–	Good Environmental Status
GPGP	–	Great Pacific Garbage Patch
MSFD	–	Marine Strategy Framework Directive
OSPAR	–	Oslo-Paris Convention
PAME	–	Protection of the Arctic Marine Environment
TSG	–	Technical Subgroup

## Введение

История пластика как материала началась еще в середине XX века. В 1950-х годах мировое производство пластика составляло около 2 млн. т в год [36]. Сегодня же эта цифра, по данным различных источников, достигает более 400 миллионов тонн в год, из них 22 % попадает в окружающую среду [37]. В России, по оценкам экспертов, ежегодно образуется около 7 миллионов тонн пластиковых отходов [8]. Большие объемы производства и недостаточность загруженности перерабатывающих предприятий приводят к тому, что значительная часть пластика попадает в окружающую среду. Так авторы [22] упоминают, что объём пластика в окружающей среде пополняется нарастающими темпами, причём в значительной мере это происходит за счёт изделий, таких как одноразовая посуда, полиэтиленовые пакеты, разнообразная тара и упаковки.

Пластиковые изделия широко вошли в нашу современную жизнь, с одной стороны, пластик это неотъемлемая часть медицинского оборудования, космических технологий, электроприборов и строительных материалов, но, с другой стороны, большой объем производимого пластика быстро становится отходами: меньшая его часть попадает на переработку (в России за 2023 год утилизировано около 6 млн. т – 13 % от общей массы образованных твердых коммунальных отходов [19]), а большая часть попадает в морскую (ежегодно в океан попадает около 11 млн. т пластика [24]) или прибрежную среду. Особую тревогу вызывает загрязнение Мирового океана, где пластик, переносимый реками, ветром, течениями и сбрасываемый непосредственно с судов, формирует огромные скопления мусора в океане (мусорные пятна [53]) или выбрасывается на побережья.

Под термином «морской мусор» понимается любой стойкий, произведенный или переработанный твердый материал, который выброшен, утилизирован или оставлен в морской или прибрежной среде [51]. Основным

компонентом морского мусора является пластик, который, под воздействием солнечного света, волн и других факторов, фрагментируется до микропластика, еще больше осложняя ситуацию [22].

Исследования морского мусора проводятся во многих странах, в том числе и в России. Так, исследования пляжного морского мусора («beached litter») активно ведутся на побережье Балтийского моря, в частности, в Калининградской области [49] и в Финском заливе [38], в г. Санкт-Петербург и Ленинградской области. В последние годы внимание ученых также обращено к арктическим морям, особенно большой интерес направлен на Баренцево море, где пластиковое загрязнение, несмотря на удаленность региона, становится все более заметным [29]. Систематические исследования морского мусора в Арктике, в том числе в национальном парке «Русская Арктика», проводятся с 2019 года [9].

Несмотря на растущее количество исследований в этой области, проблема пластикового загрязнения Баренцева моря остается недостаточно изученной. Баренцево море со своим сложным циркуляционным характером течений значительно затрудняет описание некоторых выводов по поводу распространения пластика, как на поверхности моря, так и выбрасываемого на побережья архипелагов. Данные полученные российскими учеными [33] показывают, что на архипелаге Новая Земля образуется так называемая «локальная точка скопления пляжного мусора», где каждый год с 2021 по 2023 гг. мусор заносит поверхностными течениями на побережья. Исследование, проведенное в 2024 году, является продолжением натурных съемок, начатых в 2021 году, и дает новую информацию о распространении и накоплении, как берегового, так и плавающего мусора в Российской части Баренцева моря.

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования является оценка уровня загрязнения пластиковым мусором акватории и побережий Российского сектора Баренцева моря.

Объект исследования: морская среда Российского сектора Баренцева моря

Предмет исследования: загрязненность пластиковым мусором акваторий и побережий Российского сектора Баренцева моря

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить физико-географические особенности Баренцева моря.
2. Изучить проблему пластикового загрязнения морской среды Арктики.
3. Провести полевые исследования в 2024 г. по изучению морского мусора на побережьях архипелагов Баренцева моря и на поверхности моря.
4. Провести классификацию пластиковых предметов по типу полимера и источнику происхождения.
5. Провести количественную оценку пластикового мусора на выбранных участках побережья и на поверхности исследуемой акватории Баренцева моря.
6. Проанализировать тенденции накопления и распространения пластикового загрязнения на побережьях в Баренцевом море.

## 1. Физико-географическая характеристика Баренцева моря

Баренцево море – часть Северного Ледовитого океана (СЛО), которая имеет следующие морские границы (рис. 1.1):

- северная граница моря проходит по северной окраине островов архипелага Земля Франца-Иосифа (Грэм-Белл, Ева-Лив, Рудольфа, Артура, Земля Александры) до мыса Мэри Хармсуорт (о. Земля Александры) и далее через острова Виктория и Белый идет к мысу Ли-Смит (о. Северо-Восточная Земля, Шпицберген),

- южная граница моря проходит по берегу материка и линии, соединяющей мыс Святой Нос (Кольский п-ов) и мыс Канин Нос, отделяющей его от Белого моря,

- западная граница моря проходит вдоль линии м. Южный (арх. Шпицберген) – о. Медвежий – м. Нордкап,

- восточная граница моря ограничена западным побережьем островов Вайгач и Новая Земля и далее линией мыс Желания (арх. Новая Земля) – мыс Кользат (о. Грэм-Белл) [13].

Четыре пролива, соединяющие Баренцево море с соседними бассейнами, – Маточкин Шар, Карские Ворота, Югорский Шар, Хинлопен — рассматриваются как самостоятельные географические объекты, из них только пролив Хинлопен относят к акватории Баренцева моря, остальные принадлежат Карскому морю [11].





Рисунок 1.1 – Общегеографическая карта Баренцева моря (красные линии – морские границы Баренцева моря) [23]

Современное название морю было дано в 1853 году немецким географом и картографом Августом Петерманом в честь голландского мореплавателя Виллема Баренца, исследовавшего эти воды в XVI веке [11].

Баренцево море представляет собой материковое окраинное море, расположенное на североευропейском шельфе. Оно имеет практически открытый выход в Центральный Арктический бассейн и соединяется с Норвежским и Гренландским морями. По своим размерам Баренцево море одно из самых больших по площади морей (площадь акватории – 1424 тыс. км<sup>2</sup>,

объем 316 тыс. км<sup>3</sup>, средняя глубина – 222 м, наибольшая глубина – 600 м площадь водосборного бассейна – 668 тыс. км<sup>2</sup>) [11].

## 1.1 Гидрометеорологическая характеристика моря

### 1.1.1 Температура воды

Температура вод Баренцева моря определяется взаимодействием двух противоположно направленных потоков – теплых атлантических и холодных арктических водных масс. Температура поверхностных вод Баренцева моря демонстрирует четкую пространственную закономерность, понижаясь в направлении с юго-запада на северо-восток и с юга на север (рис. 1.2).

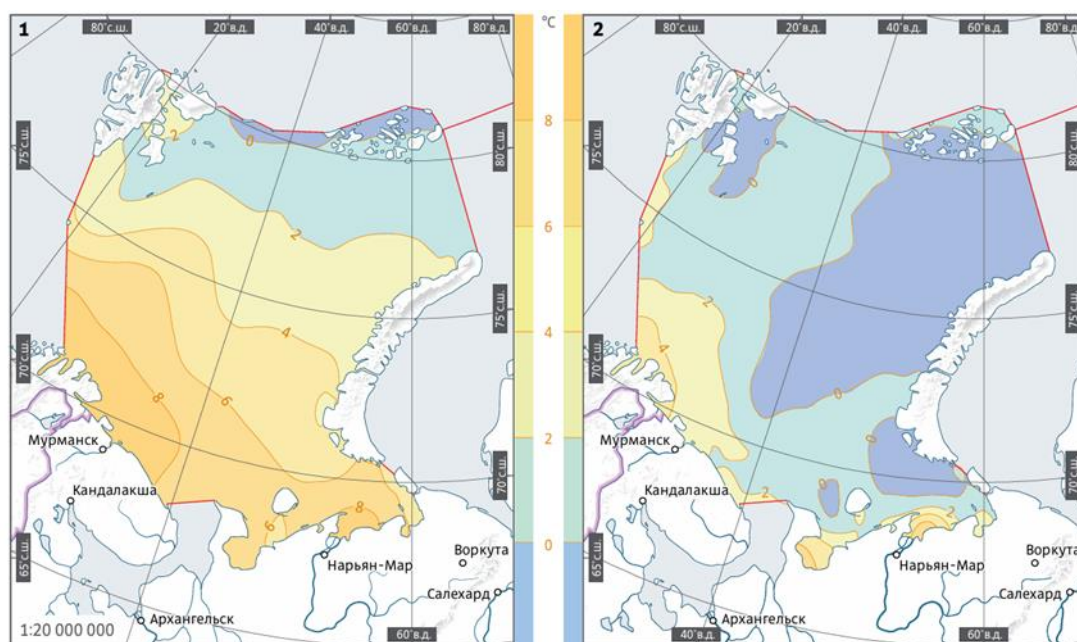


Рисунок 1.2– Температурные характеристики морской воды Баренцева моря (среднегодовые значения за июль): 1 — температура приповерхностного слоя морской воды; 2 — температура придонного слоя морской воды [23]

В зимний период температурный градиент особенно выражен: от +4...+5°C в южных районах до отрицательных значений в северной части моря. Летом температурный режим поверхности приближается к показателям приземного слоя воздуха, достигая +8...+9°C на юге и оставаясь отрицательным севернее 79° с.ш. Пик прогрева водной поверхности наблюдается в августе [13].

Распределение температуры по вертикали в значительной мере зависит от распространения теплых атлантических вод, от зимнего охлаждения, распространяющегося на значительную глубину, и от рельефа дна. В связи с этим изменение температуры воды с глубиной происходит неодинаково в разных районах моря. В юго-западной части, наиболее подверженной влиянию атлантических вод, температура плавно и в небольших пределах понижается с глубиной до дна [4]. В юго-восточном секторе, также испытывающем наибольшее влияние атлантических вод, отмечается плавное понижение температуры с глубиной при сохранении положительных значений во всей водной толще. В северных и восточных районах, где влияние атлантических вод ослабевает, отрицательные температуры сохраняются круглогодично от поверхности до дна [13].

Между 50-100 м глубины формируется устойчивый холодный промежуточный слой, который сохраняет зимние температурные характеристики и отделяет прогретые поверхностные воды от глубинных атлантических масс.

В изолированных впадинах (Новоземельский желоб, Центральная котловина) наблюдаются особые термические условия:

- Зимой – однородный температурный профиль по всей толще воды.
- Летом – понижение температуры от слабоположительных значений на поверхности до -1,7°C у дна [7].

Такое распределение температурных характеристик отражает сложное взаимодействие атлантических и арктических водных масс в Баренцевом море, формирующее его уникальный температурный режим вод.

## 1.1.2 Соленость и химический состав морской воды

Соленость Баренцева моря формируется под влиянием нескольких ключевых процессов:

- 1 Адвекции и перемешивания трёх основных водных масс (прибрежных, атлантических и арктических, см. 1.1.3).
- 2 Льдообразования и таяния.
- 3 Испарения и атмосферных осадков.
- 4 Речного стока [7].

Благодаря ограниченному речному стоку и активному водообмену с океаном, соленость Баренцева моря в целом близка к средним океаническим значениям (около 35‰). Наибольшие значения солёности (до 35‰) регистрируются в юго-западной части моря (Нордкапский желоб), тогда как к востоку наблюдается постепенное уменьшение показателей. Минимальная солёность (29-33‰) характерна для юго-восточного района, что объясняется значительным речным стоком (р. Печора и других рек). В отдельные годы здесь фиксируются экстремально низкие значения до 25‰. В сезонной динамике наблюдаются значительные изменения солености, так в зимний период за счет усиления притока атлантических вод и активного льдообразования соленость повышена по всему морю (~35‰). В летний период основными факторами, влияющими на солёность, выступают: сокращение притока атлантических вод, таяние льдов и распространение речных вод, что, в свою очередь, вызывает общее понижение солености (юго-запад – 34,5‰, юго-восток – 29‰ (до 25‰))[7].

Химический состав вод определяется:

- Высоким содержанием кислорода в зонах фронтальных разделов (полярные фронтальные зоны, см. 1.1.3).
- Поступлением биогенных элементов (нитраты, фосфаты) с атлантическими водами, что способствует высокой биопродуктивности.

- Локальным загрязнением в районах активного судоходства и нефтедобычи [3].

### 1.1.3 Течения и циркуляция водных масс в Баренцевом море

Течения в Баренцевом море играют важную роль в формировании гидрологического режима в данном районе. Схема постоянных течений представлена на рис. 1.3.

Атлантические воды (АВ), или воды атлантического происхождения – воды, поступающие из Северной Атлантики, которые проходят через Новрежское море и разделяются на два больших потока. Северный поток (Фрамовская атлантическая вода (ФАВ) [14]) течёт в виде Западно-Шпицбергенского течения, втекая в Арктический бассейн через пролив Фрама. Большая часть потока рециркулирует в проливе Фрама, а часть потока опускается и в приповерхностных и глубинных слоях проникает в Северный Ледовитый океан (СЛО), где далее продолжает движение на восток вдоль континентального склона Евразии [23]. Частично ФАВ попадает в Баренцево море через: желоб Франц-Виктория (между архипелагом Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) и архипелагом Шпицберген) и желоб Святой Анны в северной части Карского моря [56].

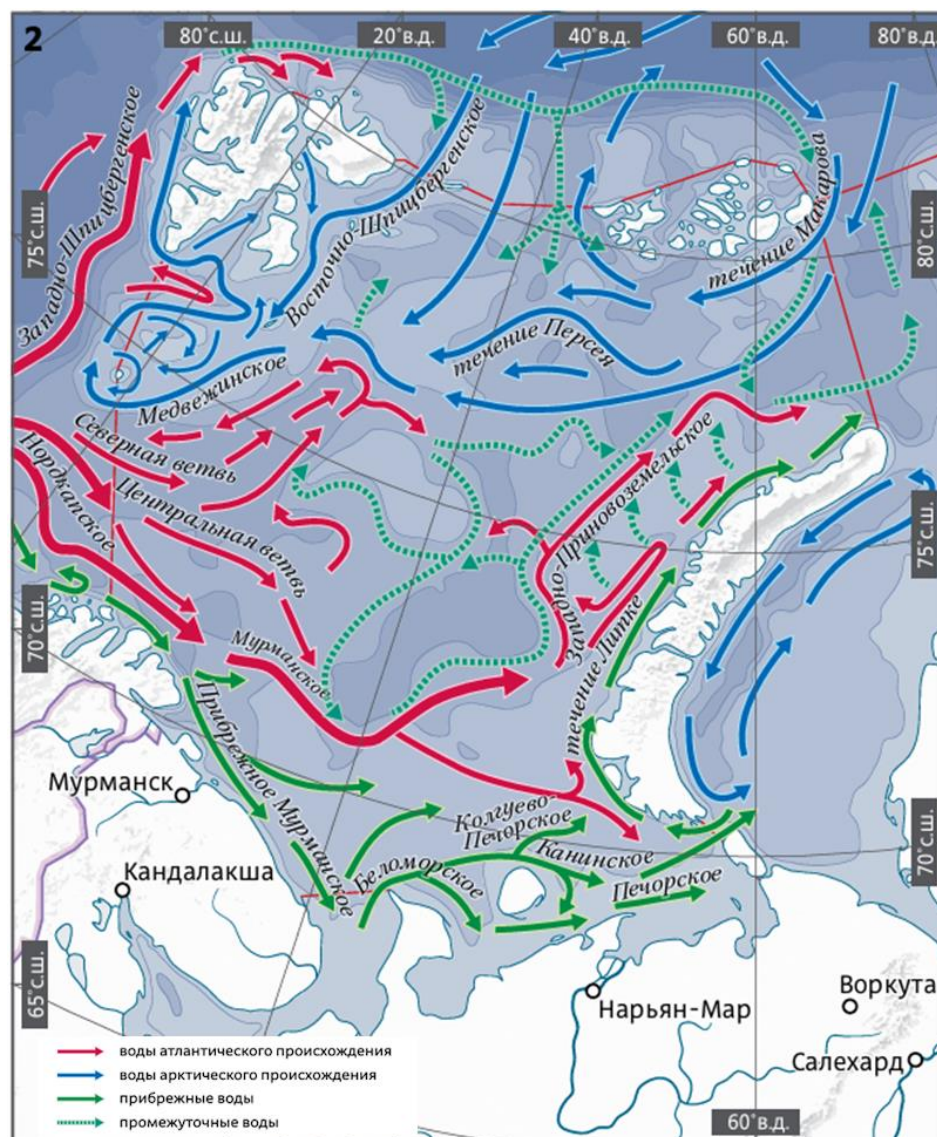


Рисунок 1.3 – Схема постоянных течений в Баренцевом море [23]

Южный поток (Баренцевоморская атлантическая вода (БАВ) [14]), более мощная по объему, поступает с Нордкапским течением между о. Медвежий и Скандинавским полуостровом. Северная ветвь Нордкапского течения движется на север вдоль западного желоба (котловины Надежды), разделяясь на две ветви: 1 – совершает циклоническую рециркуляцию и уходит из Баренцева моря на запад вдоль южных берегов острова Медвежий, 2 – продолжает движение на восток над Центральной возвышенностью, участвуя в антициклоническом круговороте. Часть вод северной ветви опускается и движется на север вдоль западного склона возвышенности Персея, затем они поворачивают на восток между возвышенностью Персея и Центральной

возвышенностью, формируя промежуточный слой [23]. Центральная ветвь Нордкапского течения распространяется вдоль Скандинавского и Кольского полуостровов параллельно прибрежным течениям и переходит в Мурманское течение. В свою очередь, Мурманское течение переходит в Западно-Новоземельское течение к северо-востоку вдоль архипелага Новая Земля [23] и выходит из Баренцева моря через желоб Святой Анны в виде подповерхностного и глубинного течения, попадая в Северный Ледовитый океан [56]. Атлантические воды в виде двух потоков ФАВ и БАВ попадают в желоб Святой Анны и оттуда текут в СЛО, но эти два потока по-разному ведут себя в этом желобе. В работе ученых международного коллектива была проведена работа в 2021 году по изучению структуры и циркуляции атлантических водных масс в желобе Святой Анны в Карском море [56], отмечаются следующие особенности циркуляции этих двух потоков в желобе: во-первых, ФАВ рециркулирует внутри желоба как циклонический круговорот, оттоки этого течения идут на юг в Баренцево море и на север к континентальному склону, где они менее выражены, во-вторых, поток БАВ, который течет в восточной части желоба, активно смешивается с поверхностным слоем и галоклином (тонкий слой воды в океане (море) с резким изменением солености по вертикали [6]) и переносит теплый и соленый поверхностный слой в северо-восточную часть желоба.

Прибрежные воды образуют самостоятельную циркуляционную систему. Норвежское Прибрежное течение, формирующееся за счет опресненных вод Балтийского и Северного морей, распространяется вдоль береговой линии Скандинавского полуострова, его продолжением является Мурманское Прибрежное течение, которое пополняется речным стоком и водами Белого моря (Беломорским течением) [13]. Вблизи о. Колгуев Прибрежное Мурманское течение разветвляется на Канинское течение (распространяется в юго-восточную часть моря и далее к проливам Карские Ворота и Югорский Шар) и Колгуево-Печорское течение (сначала идет на восток, затем на северо-восток у побережья архипелага Новая Земля). Через пролив Карские Ворота в

Баренцево море поступает холодное течение Литке, воды которого распространяются вдоль южных берегов архипелага Новая Земля [23]. Летом эти воды характеризуются высокой температурой и низкой соленостью, а зимой низкой температурой (близкой к арктическим водам) и пониженной солёностью [7].

Холодные и пресные Арктические воды (воды СЛО) перемещаются в различных направлениях, так, в южном и юго-западном направлениях от архипелага ЗФИ и через северную часть Баренцева моря распространяется Восточно-Шпицбергенское течение, с востока на запад проходит течение Персея, которое вблизи о. Надежды формирует Медвежинское течение (протекает вдоль Медвежинского желоба). На северо-востоке в море поступает течение Макарова, огибающее архипелаг ЗФИ с востока и юга и распространяющееся в юго-западном направлении [23].

Баренцевоморские воды – трансформированные воды атлантического происхождения движутся на северо-восток и север в районах западнее Новой Земли. Обладают низкой температурой и высокой соленостью [13, 11].

На границе взаимодействия теплых и соленых атлантических вод с холодными и распреснёнными арктическими водами образуется устойчивая фронтальная зона, называемая, полярной фронтальной зоной (ПФЗ) [23]. Положение и характеристики (температура, соленость) этой зоны имеют большое значение при описании состояния природной среды. С ПФЗ часто связывают районы высокой биологической продуктивности, а также в этих зонах могут происходить накопления и переносы загрязняющих веществ как горизонтально, так и вертикально [15].

Скорость течений в Баренцевом море ниже, чем в Атлантическом океане, но периодически наблюдаются резкие увеличения скорости, обусловленные двумя факторами:

1. Образование многочисленных мезомасштабных вихрей, особенно в западной части Баренцева моря;
2. Воздействие приливных явлений [13].



Приливные системы формируются двумя основными волнами: западной (проникает между побережьем Норвегии и островом Медвежий, распространяясь до Новой Земли) и северной (поступает через пролив между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа). Наибольшие приливные колебания уровня были зафиксированы у берегов Финляндии и Мурманска (до 3 м). На побережье у Шпицбергена амплитуда прилива – 1-2 м, а на южном побережье ЗФИ – 0,4-0,5 м [13].

Таким образом, в Баренцевом море циркуляция водных масс определяется взаимодействием теплых атлантических вод и холодных арктических вод, на границе которых образуются полярные фронтальные зоны (ПФЗ), где эти воды перемешиваются. Фронтальные зоны являются местами высокой биопродуктивности моря.

#### 1.1.4 Климатические характеристики

Баренцево море расположено в высоких широтах за Полярным кругом и связано с Атлантическим океаном и Центральным Арктическим бассейном, что определяет его климат как полярный морской. Для него характерны продолжительная зима (5-6 месяцев), короткое холодное лето, малые годовые колебания температуры воздуха и высокая относительная влажность [11].

В северной части моря преобладает арктический воздух, а на юге — воздух умеренных широт. На границе этих масс формируется арктический фронт, направленный в общем от северной оконечности Новой Земли через острова Медвежий, Ян-Майен к Исландии. В этой зоне часто образуются циклоны и антициклоны, влияющие на погоду в Баренцевом море [7].

Зимой углубляется Исландский минимум (обширная область низкого атмосферного давления над северной частью Атлантического океана, между Гренландией и Европой, с центром близ о. Исландия [12]), который, взаимодействуя с Сибирским максимумом («Азиатский антициклон» —

сезонная (зимняя) область повышенного атмосферного давления над Южной Сибирью, Средней и Центральной Азией, один из мощных сезонных центров действия атмосферы [10]), обостряет арктический фронт, усиливая циклоническую активность над центральной частью Баренцева моря. Это приводит к нестабильной погоде с сильными ветрами, резкими перепадами температуры и осадками. Преобладают юго-западные ветры (4–7 м/с, иногда до 12–16 м/с). На восточном побережье Новой Земли отмечаются сильные ветры (бора) со скоростью порывов до 50–60 м/с, которые обусловлены орографическими особенностями островов архипелага и носят название Новоземельская бора [23]. Средняя температура марта варьирует от  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  на Шпицбергене до  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  в западной части моря и  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$  в юго-восточной [11]. Такой температурный режим формируется благодаря прогревающему влиянию Норвежского течения и одновременному охлаждению со стороны Карского моря [7].

Летом Исландский минимум ослабевает, а Сибирский антициклон разрушается. Над морем устанавливается антициклон с прохладной пасмурной погодой и слабыми северо-восточными ветрами. В июле-августе средняя температура составляет  $8\text{--}9\text{ }^{\circ}\text{C}$  на западе, около  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  на юго-востоке и  $4\text{--}6\text{ }^{\circ}\text{C}$  на севере. Погода иногда нарушается атлантическими воздушными массами, приносящими юго-западные ветры до 10–12 м/с. Весной и осенью происходит перестройка барических полей, что приводит к неустойчивой погоде с сильными переменными ветрами. Весной часты осадки, а температура быстро растёт, тогда как осенью похолодание происходит медленнее [11]. Мягкая зима, прохладное лето, неустойчивая погода – основные черты климата Баренцева моря [7].

#### 1.1.5 Ледовые условия

Баренцево море отличается значительной сезонной изменчивостью ледовых условий, что обусловлено его географическим положением, влиянием теплых атлантических вод и климатическими колебаниями. В отличие от других арктических морей, Баренцево море никогда не замерзает полностью – около 25% его акватории (юго-западная часть) остается свободной ото льда круглый год [11]. Карта ледовой обстановки Баренцева моря представлена на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Ледовая обстановка Баренцева моря (положение заприпайных полыней и припая в их максимальном распространении, среднее многолетнее положение кромки льда) [23]

Ледовитость моря – площадь, которую занимают льды в навигационный сезон на поверхности моря. Средняя годовая ледовитость Баренцева моря

составляет 38 %, в годовом ходе изменяется от 9 % в сентябре до 69 % в апреле [11].

Продолжительность ледового периода в Баренцевом море варьируется от 6 до 10 месяцев в зависимости от гидрометеорологических условий [7]. Ледообразование обычно начинается в сентябре, но сроки формирования устойчивого ледового покрова смещается на 40-120 дней от среднегодовых значений [13]. Формирование льда происходит по принципу зональности: на севере ледообразование начинается раньше, чем на юге. В северной части Баренцева моря ледяной покров существует при среднемноголетних условиях на протяжении всего года. Устойчивое ледообразование в проливах архипелага Земля Франца-Иосифа и о. Северо-Восточная Земля архипелага Шпицберген начинается в конце сентября [23]. Для остальной части моря характерен более значительный прогрев воды в поверхностном слое, поэтому здесь формирование молодого льда происходит позже (после того как зимняя конвекция достигнет примерно средней части холодного промежуточного слоя воды, залегающего на глубинах 50–75 м), в октябре в центральной части, а в ноябре — в юго-восточной части моря [23]. Таяние и разрушение льда начинается в мае и продолжается до октября. В этот период прослеживается отступление кромки льда на север и на восток и разрежение льда, которое происходит главным образом за счет вытаивания более тонких льдов [7]. В период с августа по октябрь в центральной и восточной частях Баренцева моря наблюдается чистая вода. В июне-июле толщина льда местного происхождения в центральной части моря не превышает 1 м.

Типы льдов и их распространение в Баренцевом море:

1. Однолетние льды – преобладают в центральной и юго-восточной частях моря. Толщина к концу зимы достигает 1,3–1,5 м.
2. Многолетние льды – встречаются в северных районах (у архипелагов ЗФИ и Шпицбергена), их толщина может превышать 2 м [11].
3. Дрейфующие льды – характерны для открытых акваторий, часто образуют торосы высотой до 3–5 м [13].

4. Айсберги – откалываются от ледников Шпицбергена, ЗФИ и Новой Земли. Наибольшую опасность представляют в мае-июне, когда могут дрейфовать до побережья Норвегии и Кольского полуострова [2].

Согласно исследованиям американской группы ученых [60], Арктика теплеет гораздо быстрее остальной планеты (в 4 раза быстрее глобального с 1979 года) и это потепление напрямую связано с динамикой льдов в Баренцевом море. Авторы также выделяют зону к востоку от архипелага Новая Земля, где темпы потепления в 7 раз выше, чем у глобальных. В связи с этим, зона зимнего льда будет уменьшаться, и будет расти продолжительность безледного периода. Прогнозируется, что в сентябре до 2050 года, Арктика может стать практически безледной [43]. С одной стороны, это откроет для Северного морского пути (СМП) более длительную навигацию, с другой стороны, произойдет трансформация морских экосистем (ледозависимые виды (гринландские тюлени, белые медведи, белая чайка) теряют места пропитания и размножения). Увеличение антропогенной нагрузки также повлияет на распространение морского мусора.

## 1.2 Физико-географическая характеристика архипелагов Баренцева моря

Баренцево море отличается сложной береговой линией с многочисленными островами (Колгуев, Крестовые, Горбовы,) и архипелагами (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля). Берега сильно изрезаны фьордами (Порсонгер-фьорд (Норвегия), Кольский залив), бухтами и заливами (Печорская губа).

Берега Баренцева моря в основном абразионные, но встречаются аккумулятивные и ледяные. Северные берега Скандинавии и Кольского п-ова — гористые, с крутыми фьордами. Для юго-восточной части моря характерны низменные пологие берега. Западное побережье Новой Земли — холмистое, а в

его северной части вплотную к морю подходят ледники, спускающиеся прямо в море (аналогично на Земле Франца-Иосифа и на Шпицбергене) [11].

### 1.2.1 Архипелаг Земля Франца-Иосифа

Архипелаг Земля Франца-Иосифа, расположенный на северо-востоке Баренцева моря, входит в состав Приморского района Архангельской области Российской Федерации и является самой северной территорией нашей страны. Архипелаг является территорией национального парка «Русская Арктика» [18]. Мыс Флигели на острове Рудольфа – крайняя северная точка не только России, но и Евразии. Общая площадь архипелага, насчитывающего 191 остров, составляет 16 134 км<sup>2</sup> [21] (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Спутниковый снимок архипелага Земля Франца-Иосифа (13.06.2016 г)[34]

Архипелаг делится на три части (архипелаг разделен между глубокими проливами, до 600 м [11])[21]:

1. Восточная – крупнейшие острова: Земля Вильчека (2000 км<sup>2</sup>) и Грэм-Белл (1700 км<sup>2</sup>), граница: Австрийский пролив;
2. Центральная – между проливами Австрийский и Британским Каналом
3. Западная – включает крупнейший остров архипелага – Земля Георга (2900 км<sup>2</sup>), граница: Британский Канал.

Южная часть архипелага омывается водами Баренцева моря, северная – Северного Ледовитого океана. Архипелаг на 90% покрыт льдом в виде куполов и шапок.

Климат арктический морской. Средние температуры января около -23...-25 °С, июля около +1,5...+0,2 °С. Годовое количество осадков от 300 мм на севере до 500 мм на юге, что при низких температурах обеспечивает накопление льда. Обильны туманы и ураганные ветры [11].

Ледники покрывают >60 % береговой линии островов архипелага (ледяные берега в виде вертикальных стенок – наиболее распространенный тип берегов на ЗФИ [2]). Свободная ото льда поверхность представлена небольшими по площади оазисами и нунатаками (изолированными скалистыми вершинами, выступающими над поверхностью ледника [11]). Сравнительно крупные, свободные ото льда территории имеются на четырёх островах: Земля Александры, Земля Георга, Грэм-Белл [21]. У подножий склонов местами имеются пляжи из грубообломочных компонентов. На островах Земля Вильчека и Циглера известны участки аккумулятивных берегов с хорошо выраженными береговыми валами и небольшими отчленёнными ими лагунами [11].

Животный мир представлен следующими видами: наземные виды: белый медведь (место размножения) и изредка песец; птицы: 48 видов, включая колониальные морские птицы (люрики, кайры, моевки); морские млекопитающие: гренландский тюлень, нерпа, морской заяц и морж [11, 21].

### 1.2.2 Архипелаг Новая Земля

Новая Земля – архипелаг в Северном Ледовитом океане, который находится на границе двух морей Баренцева и Карского (рис. 1.6). Архипелаг относится к Архангельской области и имеет общую площадь 83 тыс. км<sup>2</sup>. Новая Земля состоит из двух островов – Северного (48,1 тыс. км<sup>2</sup>), северная оконечность острова является территорией национального парка «Русская Арктика» [18], и Южного (33,2 тыс. км<sup>2</sup>), разделенных проливом Маточкин Шар (2-3 км), и многих мелких островов [14]. На юге отделяется проливом Карские Ворота (ширина 50 км) от о. Вайгач. С севера на юг протяженность архипелага составляет почти 930 км [17].

Современная береговая линия Новой Земли формируется под воздействием различных природных факторов, основным из которых является общий относительный подъем островов архипелага. Характерной особенностью прибрежной полосы является почти повсеместное распространение террасовых форм рельефа. Также характерной особенностью островов Новой Земли являются фьорды (есть и на восточном, и на западном побережьях), южное побережье является наиболее сложнорасчлененным побережьем архипелага – многочисленные губы и большое количество островов придают береговой линии своеобразный вид [17]. Около четверти территории занято сплошным ледяным покровом, в т.ч. на Северном острове, где находится самый большой по площади в России покровный ледник (20 тыс. км<sup>2</sup>), всего на архипелаге находится свыше 680 ледников [17].



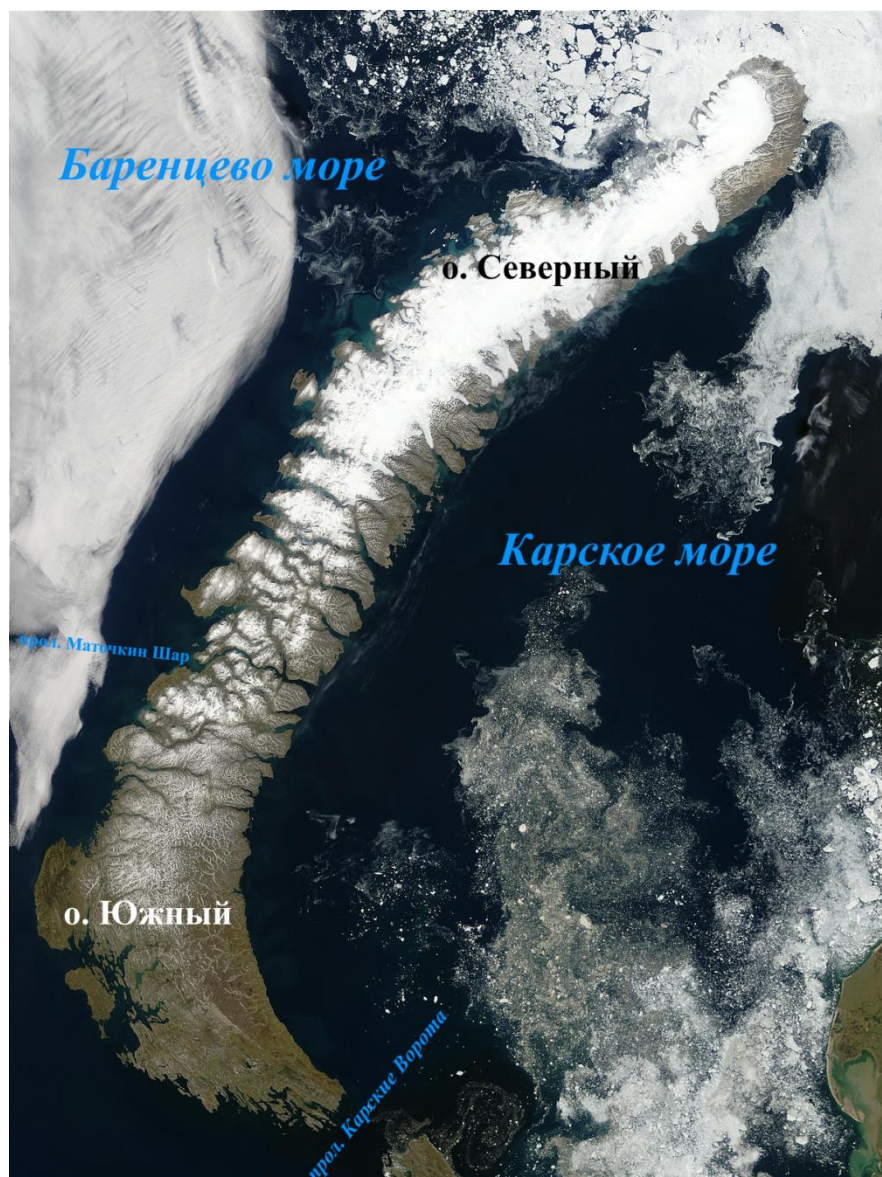


Рисунок 1.6 – Спутниковый снимок архипелага Новая Земля (29.07.2003 г) [55]

Климат архипелага морской арктический, лето короткое и прохладное (на севере продолжительность теплого периода около 2 месяцев). Средние температуры марта от  $-14$  до  $-22$  °C (самый холодный месяц), августа  $+2,5$  ...  $+6,4$  °C. Осадков выпадает 300-600 мм в год [11]. В целом за год преобладают ветры северо-восточных, восточных, юго-восточных направлений. Средние скорости ветра доходят до 8,03 м/с в районе Малых Кармакул. Самые сильные ветры в Арктике наблюдаются на Новой Земле и называются «Новоземельская бора». Это обвал холодного воздуха с Новоземельских гор, с востока со

стороны Карского моря или с запада – со стороны Баренцева моря, скорость ветра может достигать 60 м/с, порывы до 80 м/с [17].

Животный мир Новой Земли представлен морскими птицами, наземными и морскими млекопитающими. Характерными животными выступают лемминги, песцы, встречаются белые медведи и северные олени (Новоземельский северный олень) [11]. Особенно разнообразен видовой состав птиц. Наиболее часто встречаемые птицы: бургомистр, полярная крачка, поморники (длиннохвостый, средний и короткохвостый), полярная сова, белая куропатка, гуси (гуменник, белолобый), гага обыкновенная, зимняк, мелкие воробьиные (лапландский подорожник, пуночка), кулики (плавунчики, песочники, чернозобик, песчанка). Водоплавающие (утки, гагары, казарки, гуси, лебеди, крохали) и кулики встречаются в основном на озерах, заболоченных низинах, реках и ручьях. Также на архипелаге расположены знаменитые птичьи базары, основными представителями которых являются кайры, моевки, чистики, бургомистры и тонкоклювые чайки. В водах прибрежных заливов обычно встречаются морские млекопитающие – морской заяц, кольчатая нерпа, белуха, обыкновенная морская свинья, реже встречаются атлантический морж, тюлени (гренландский, хохлач и серый), дельфины (афалины, белобочка, касатка, нарвал) [17].

В настоящей главе были рассмотрены физико-географические характеристики Баренцева моря и прилегающих архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. Анализ научных публикаций, научных монографий, учебников и атласов выявил, что Баренцево море – это материковое окраинное море, имеющее сложный гидрологический режим, который обусловлен взаимодействием потоков атлантических вод с Северной Атлантики и холодных вод с Северного Ледовитого океана. Взаимодействие двух этих потоков влияет на температуру и соленость всей толщи воды. Климатические условия формируется под влиянием Исландского минимума и Сибирского максимума, продолжительная зима (5-6 месяцев) и короткое холодное лето. Основными чертами климата является неустойчивая погода, которая

обусловлена высокой ветровой активностью (Новоземельская бора – ветер до 60 м/с). Ледовая обстановка Баренцева моря, в отличие от других арктических морей, свободна ото льда (25 % – юго-западная часть) круглый год. В связи с ускоренными темпами потепления в Арктике (в 4 раз) прогнозируется к 2050 году в сентябре безледный период.

Архипелаги Новая Земля и Земля Франца-Иосифа играют значительную роль в формировании локальных климатических условий и ледового покрова. Их рельеф, в основном представленный горными системами и ледниковым покровом, создает барьер для воздушных масс. Особенно активно выделяется влияние Новоземельской боры на скорость и направление ветра. Также в связи с различием в местоположении архипелагов в Баренцевом море, различаются и течения, которые их омывают.

## 2. Проблема пластикового загрязнения морской среды в Арктике и в Баренцевом море

### 2.1 Глобальная проблема морского мусора

Проблема морского мусора, изначально воспринимавшаяся как эстетическая проблема локального характера, в современном мире приобрела статус серьезной экологической проблемы. О присутствии пластика в Мировом океане заговорили еще в 40-х гг. прошлого века, где описывали случаи запутывания птиц и морских млекопитающих в сетях, пакетах и другом мусоре [22]. В настоящее же время пластиковый мусор присутствует во всевозможных природных средах. Морской мусор, как было сказано выше, это твердые антропогенные отходы, которые были выброшены, утилизированы или оставлены в морской и прибрежной среде [11]. Морской мусор не привязан к определённой территории; он может находиться на месте своего появления или перемещаться под воздействием ветра и течений. Основным компонентом морского мусора является пластик (до 80%), который из-за своей устойчивости к разложению накапливается в океане [44]. Тяжёлые куски пластиковых предметов погружаются на дно, в то время как более лёгкие остаются на поверхности или дрейфуют к берегу. Это усложняет задачу по оценке распределения и источников морского мусора. Основная часть пластика, попадающего в океан с суши, скапливается в прибрежных водах, и в результате штормов, океанических течений, ветров этот мусор может попасть в открытый океан [8].

Источники морского мусора можно охарактеризовать несколькими способами. Одним из распространенных методов является классификация источников на наземные и морские, в зависимости от того, каким образом мусор попадает в морские воды. Наземные и морские источники можно разделить на мусор, образующийся в результате рекреации, морских

транспортировок и рыболовства. Хотя также можно определить производство или страну производителя, но эта информация менее полезна для реализации эффективных мер и целевых показателей исследования, учитывая растущую глобализацию рынков [35]. Более 80 % мусора, попадающего в океан, идет с наземных источников (большая часть идет с несанкционированных свалок и мусорных полигонов и с рекреационной деятельности – пляжи, туризм) и 20 % морские источники (больше половины рыболовство и торговые суда – потерянные снасти, упаковка) [48].

Морской мусор имеет различные размеры, в связи с чем по-разному распространяется в морской и прибрежной среде. В одной из классификаций выделяют: микромусор — частицы размером менее 5 мм (микропластик), нижний предел размера не определен; мезомусор – от 5 до 25 мм (мезопластик); макромусор — объекты размером более 25 мм (макропластик), также выделяют куски пластикового мусора более 200 мм – мегапластик [8]. Чтобы понять как распространяются разные размерные частицы в морской среде в статье [47] была проведена оценка содержания крупных частиц и мелких частиц пластика в Большом тихоокеанском мусорном пятне (GPPG – большое скопление крупного пластикового мусора и микропластика в северной части Тихого океана). Так, общая масса пластика в GPPG составляет около 80 тыс. тонн – 52 %, мегапластик, 44 % макропластик и всего 8 % составляет микропластик. Но по количеству частиц в пятне – микропластик составляет 94 %. Такое количество частиц может быть связано с тем, что в GPPG микропластик образуется путем фрагментации мега- и макропластика.

Большое тихоокеанское мусорное пятно является не единственным мусорным круговоротом в Мировом океане. В связи с особыми гидрологическими условиями в океанах (наличием океанических течений, круговоротов, вихрей и др.) на поверхности и в толще вод циркулируют пять мусорных пятен: одно в Индийском океане и по два в Тихом и Атлантическом океанах. Первым, кто обнаружил Большое тихоокеанское мусорное пятно, связывают с именем яхтсмена Чарльза Мура [52], который в 1997 году впервые

обнаружил это самое пятно. С тех пор, большое количество исследований связано с изучением состава, свойств и распределения мусора в этих мусорных пятнах [32, 46].

### 2.1.1 Проблема морского мусора в Арктике и в Баренцевом море

Продолжая описание мусорных пятен, необходимо упомянуть исследование [29], которое было проведено в экспедиции Tara Ocean circum-polar expedition, где группа ученых на основе анализа 42 проб воды в Северном Ледовитом океане установили механизм аккумуляции пластика в Арктике через систему термохалинной циркуляции Северной Атлантики. Также на основе этих данных они сделали несколько интересных выводов:

- Арктика является «конечным резервуаром» для плавающего пластика (пластик, сохраняющий плавучесть в поверхностном слое) – до 300 млрд частиц (только в верхнем 5-метровом слое и только частицы >0,5 м).
- 95 % этого пластика приходится на фрагменты размером <2,5 мм.
- Пластик поступает через Североатлантическое течение.
- Накопление усиливается процессом стратификации вод.
- Максимальные концентрации пластика (для частиц >0,5 мм) обнаружены в Гренландском и Баренцевом морях (высокие концентрации обнаружены в прибрежной зоне Кольского полуострова).

Для Арктики характерной особенностью загрязнения пластиковым мусором является трансграничный перенос. Чтобы получить представление о загрязнении пластиком морской среды Арктики, рабочая группа Арктического совета по защите морской среды Арктики (PAME) [59] запускает в океан капсулы с GPS, чтобы отследить, как пластик попадает в воды Арктики и выводится из них. Проект под названием «Пластик в бутылке» направлен на моделирование того, как морской мусор и пластик могут перемещаться на большие расстояния. С 2019 года было запущено 7 GPS-капсул, имитирующих

поведение пластикового мусора в воде. Последний запуск был в 2023 г, исследователи запустили капсулу (оснащенную солнечным GPS-трекером) в зоне морского льда (84° с.ш.), но произошли некоторые трудности при ее дальнейших перемещениях. Передача данных была прервана через 2 недели, вероятными причинами могли быть погружение в толщу льда или недостаточность солнечного света для зарядки. Но даже при потере сигнала ученые нашли в этом научную ценность: подтвердили гипотезу о захвате мусора льдами и планируют дальнейшее исследование «ледового барьера» для пластика [41]. Группа ученых занесла все свои исследования в онлайн-карту [57], где можно в режиме реального времени посмотреть, как перемещается та или иная бутылка с трекером.

Мусор в Арктике не только перемещается по-разному, но и источники его происхождения различаются (рис. 2.1).

Как видно из рисунка, морской мусор в Арктике поступает из различных источников, как наземных, так и морских. Анализ существующих данных о загрязнении прибрежных и морских территорий показал, что основной причиной загрязнения Арктики морским мусором является рыболовство. Другие виды деятельности, такие как аквакультура, круизный туризм, коммерческое судоходство, разведка и добыча нефти и газа, могут быть дополнительными источниками морского мусора в Арктике. Что касается наземных источников, то неэффективные системы утилизации отходов и сточных вод в некоторых прибрежных арктических населённых пунктах были определены как потенциальные локальные источники морского мусора [30].



Рисунок 2.1 – Источники морского мусора в Арктике [28]

Морской мусор попадает в Северный Ледовитый океан и перемещается по нему с помощью океанических течений, пресноводных систем, атмосферы и других механизмов, таких как балластные воды и дикая природа.



Кроме того, морской мусор скапливается в морском льду, который переносит его в другие места и впоследствии, при таянии, высвобождает в океан. Таким образом, региональные схемы циркуляции, такие как Трансполярный дрейф, который переносит морской лёд, могут влиять на распространение морского мусора в Арктике [30].

Баренцево море – ключевой регион Арктики, который имеет большое экологическое и экономическое значение. По данным отчета [41], подготовленного Норвежским агентством по окружающей среде, авторы выделяют несколько основных источников морского мусора в Баренцевом море:

- Рыболовство и судоходство – потерянные или выброшенные орудия лова (сети, лески, буи), упаковка, отходы с судов.
- Речной сток – реки, впадающие в Баренцево море (например, Печора или Северная Двина в России), сильно влияют на поступление микропластик в море из внутренних регионов.
- Прибрежная деятельность – туризм, портовые сооружения, населенные пункты.

Ученые определили, что около 60 % пластикового загрязнения заносится течениями из Северо-Восточной Атлантики и реками. Наибольшая концентрация мусора скапливается в юго-восточной части Баренцева моря в связи с активным судоходством (СМП) и речным стоком, также Баренцево море является крупным районом промысла трески [42].

Береговой мусор или «beached litter» – широко используемый термин в научной литературе, определяется как любые искусственные предметы, выброшенные на берег, включая пластик, стекло, металл, резину, бумагу, текстиль и другие отходы. Баренцево море, особенно его архипелаги (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля), подвержены накоплению морского мусора на своих берегах [41, 33] из-за транспортирования мусора за счет океанических течений (также штормы), рыболовную деятельность и судоходство.

Все виды морского мусора несут не только эстетическую проблему, но и связаны с более серьезными проблемами, такими как запутывание и проглатывание морскими птицами и млекопитающими, накопление микропластика в пищевых цепях. Более детальный анализ осуществляется в следующем разделе работы.

## 2.2 Морской мусор в морских птицах и млекопитающих Арктики

Одним из первых ученых, кто начал заниматься исследованиями пластика в морских птицах Северной Атлантики, стал нидерландский ученый Ян Андрис ван Франекер (Jan Andries van Franeker) [62], который в 1985 году опубликовал свою работу по исследованию уровня загрязнения пластиком у морских птиц, используя северного глупыша (*Fulmarus glacialis*). Глупыш стал индикаторным видом, потому что, во-первых, птицы кормятся исключительно в море (на поверхности) и никогда на суше, во-вторых, их ареал охватывает обширные районы Северной Атлантики и Арктики, в-третьих, глупыши обычно не отрыгивают неперевариваемые компоненты своего рациона, а постепенно измельчают их до размеров, достаточно малых, чтобы пройти в кишечник и быть выведенными. В ходе исследования анализировалось содержимое 190 желудков глупышей, выброшенных на побережье Нидерландов (Северное море). По результатам исследований [62] оказалось, что 93% обследованных птиц содержали пластиковые частицы, в среднем по 14 фрагментов на особь. Общий вес проглоченного пластика достигал в среднем 0,3 грамма на птицу, а у некоторых экземпляров – до 1,5 граммов. Среди обнаруженных частиц преобладали промышленные гранулы (сырье для пластиковых изделий) и фрагменты упаковочных материалов (полиэтилен, пенопласт). Анализ показал, что основные источники загрязнения – это рыболовные снасти, бытовые отходы и потери грузов с судов. Эта работа стала отправной точкой для

последующих исследований и легла в основу международной программы мониторинга OSPAR [31].

OSPAR отслеживает и оценивает пластик в желудках северных глупышей как один из своих показателей качества окружающей среды [45]. В документе указывается, что «не более 10% глупышей должны содержать >0,1 г пластика в желудке» при превышении этого показателя наблюдаются физиологические изменения у птиц (снижение массы тела, повреждение желудочно-кишечного тракта и повышенная смертность). В более поздних отчетах [45] указывается, что за пятилетний период с 2014 по 2018 годы долгосрочная цель OSPAR в отношении проглатывания пластикового мусора морскими птицами не была достигнута нигде в Северном море. Из 393 желудков глупышей, проанализированных в период с 2014 по 2018 год, 51% содержали более 0,1 г пластика, тогда как долгосрочная цель OSPAR заключается в снижении этого показателя до менее 10%. В настоящее время этот индикатор используется только в регионе Северного моря, он также подходит для внедрения в арктических водах [58].

В одном из современных отчетов Норвежского агентства по охране окружающей среды [41] был обнаружен микропластик на всех уровнях пищевой цепи – от зоопланктона до высших хищников. Особую опасность представляет его накопление в промысловых видах рыб (треска, пикша, палтус), что создаёт риски как для экосистемы, так и для рыболовства. Морские птицы (кайры, чайки) демонстрируют особенно высокий уровень загрязнения – до 90% исследованных особей имеют пластик в пищеварительной системе. У млекопитающих (тюлени, белухи) отмечены случаи закупорки ЖКТ и накопления токсинов.

Ключевые механизмы воздействия включают: 1) физические повреждения внутренних органов; 2) токсикологическое воздействие пластификаторов и адсорбированных загрязнителей; 3) нарушение пищевого поведения. Наибольшую угрозу представляет комбинированный эффект длительного накопления микрочастиц и их способности переносить стойкие

органические загрязнители. Особую уязвимость демонстрируют долгоживущие виды (гренландский тюлень) и виды-фильтраторы (моллюски).

Проблема запутывания морских животных в морском мусоре Баренцева моря уделяется отдельно в отчете [41]. Исследование выявило, что более 80% случаев запутывания связаны с деятельностью рыбопромыслового сектора, в частности с потерянными или выброшенными орудиями лова. Наиболее опасными элементами являются:

1. Рыболовные сети (преимущественно нейлоновые):
  - Донные тралы (42% случаев)
  - Дрифтерные сети (33%)
  - Обрывки сетевого полотна (25%)
2. Вспомогательные элементы снастей:
  - Пластиковые поплавки и буи
  - Монтажные веревки и канаты
  - Крепежные элементы (кольца, застежки)

Около 60% запутавшихся животных продолжают нести на себе элементы мусора длительное время, что приводит к хроническим травмам и постепенному истощению. Среди млекопитающих наиболее уязвимы ластоногие – у 18% обследованных особей гренландского тюленя (*Pagophilus groenlandicus*) обнаружены следы запутывания, преимущественно в области шеи. Для морских птиц критическим фактором становится ограничение подвижности – у 7% кайр (*Uria lomvia*) отмечаются травмы конечностей, вызванные пластиковыми кольцами.

Авторы подчеркивают необходимость срочных мер:

1. Внедрение обязательной маркировки орудий лова.
2. Развитие системы сбора потерянных снастей.
3. Переход на биоразлагаемые материалы.
4. Усиление мониторинга в ключевых районах:
  - Птичьи базары
  - Лежбища тюленей

- **Нерестилища промысловых рыб**

Особое внимание уделяется трансграничному характеру проблемы – до 40% запутываний вызваны снастями иностранного происхождения, что требует укрепления международного сотрудничества в рамках Арктического совета и других региональных организаций [41].

В настоящей главе была рассмотрена проблема пластикового загрязнения морской среды в Арктике и в Баренцевом море. Вначале была охарактеризована глобальная проблема морского мусора и микропластика. Ещё в середине 40-х гг. прошлого века эта проблема начала активно изучаться на примере запутывания морских птиц и млекопитающих. В настоящее же время пластик обнаружен во всех природных средах. Особое внимание сейчас уделяется источникам поступления пластикового мусора. Особенно актуальна эта тема для Арктики, как для региона с низкой плотностью населения и труднодоступными участками суши, на которых обнаруживается большое количество пластикового мусора. Баренцево море – ключевой регион Арктики, который имеет большое экологическое и экономическое значение. Основными источниками морского мусора в море являются: рыболовство и судоходство, речной сток, прибрежная деятельность (портовые сооружения, туризм), а также важно, что около 60 % пластикового мусора заносится течениями из Северо-Восточной Атлантики. Как уже было сказано, впервые пластик был найден в морских птицах и млекопитающих. Так, одним из исследований по проглатыванию пластика в птицах стала работа, проведенная еще в 1985 году на северных глупышах (*Fulmarus glacialis*). Из содержимого 190 желудков глупышей 93 % содержали пластиковые фрагменты, в среднем по 14 фрагментов на особь. Эта работа стала отправной точкой для последующих исследований и легла в основу международной программы мониторинга OSPAR. В одном из современных отчетов Норвежского агентства по охране окружающей среды был обнаружен микропластик на всех уровнях пищевой цепи – от зоопланктона до высших хищников.

### 3. Материалы и методы исследования

#### 3.1 Материалы исследования

В данной работе были проанализированы данные собственных натуральных исследований, полученные в Баренцевом море во время научно-образовательной экспедиции «Арктический плавучий университет-2024» на судне НИС «Профессор Молчанов», 25 июня – 15 июля 2024 г. в рамках всероссийской научно-образовательной программы «Плавучий университет 2024».

В рамках экспедиции были проведены работы по сбору морского мусора на побережьях архипелагов Новая Земля (Русская гавань – 1 полигон) и на территории национального парка «Русская Арктика» – Земля Франца-Иосифа (о. Мейбел – 1 полигон и о. Нортбрук – 2 полигона) (рис. 3.1).

Характеристика обследуемых пляжей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика исследуемых побережий на архипелагах Земля Франца-Иосифа и Новая Земля в 2024 году

Наименование пляжа	Дата исследования	Длина, м	Ширина, м	Ширина от уреза воды	Тип береговой линии
о. Мейбел	02.07.2024	100	30	20	Открытая бухта Песок с крупной галькой
о. Западный Нортбрук	03.07.2024	100*2 (заложено 2 полигона)	40	30	Открытая бухта Песок со средней галькой
Русская гавань	08.07.2024	100	5	1	Закрытая бухта Мелкая галька + водоросли

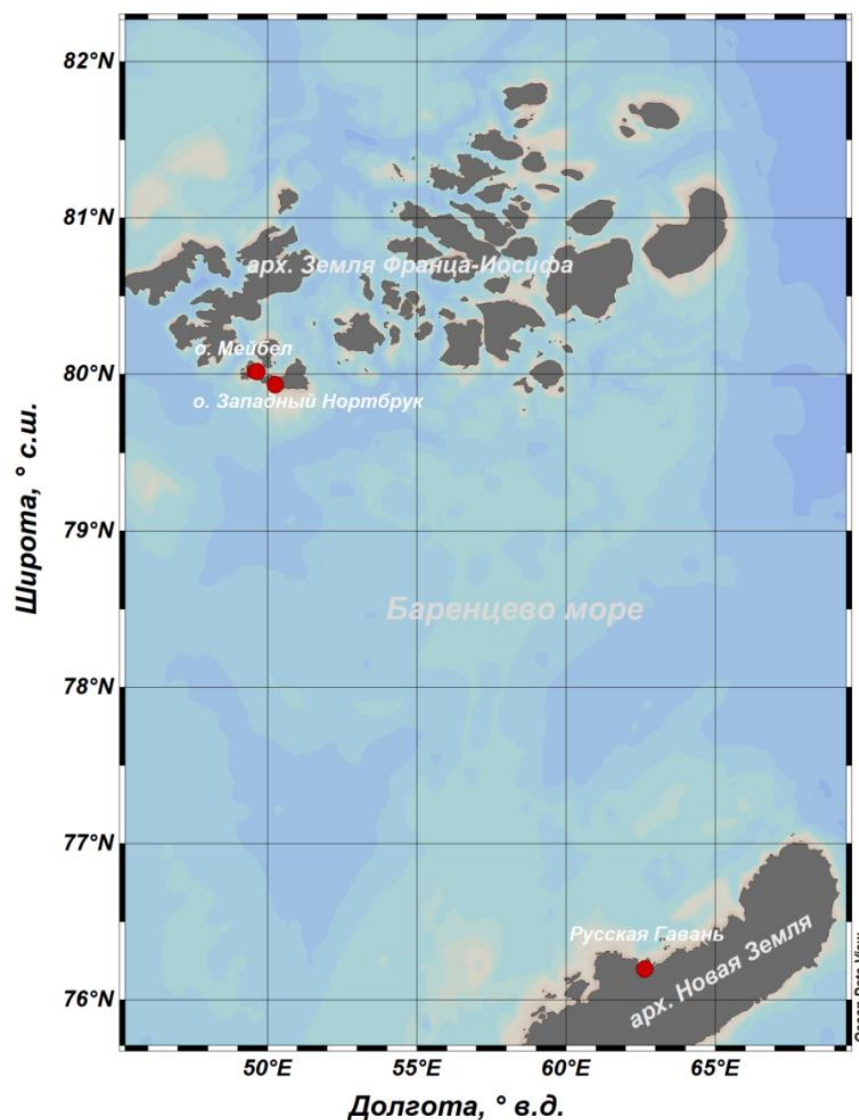


Рисунок 3.1 – Места сбора берегового мусора (красные точки) на архипелагах Земля Франца-Иосифа и Новая Земля в рамках научно-образовательной экспедиции «Арктический плавучий университет - 2024», 25 июня – 15 июля 2024 г

Также проводились исследования, которые были направлены на идентификацию морского плавающего мусора на поверхности Баренцева моря по пути следования судна НИС «Профессор Молчанов» г. Архангельск – о. Мейбел (арх. Земля Франца Иосифа) – о. Нортбрук (арх. Земля Франца Иосифа) – Русская Гавань (арх. Новая Земля) – о. Колгуев (Ненецкий автономный округ) – г. Архангельск (рис. 3.2). Попутные учеты плавающего мусора проводились

непосредственно в Баренцевом море. Учетный маршрут по методике 1 составил 797 км, а по методике 2 – 2500 км (см. 3.2.2).

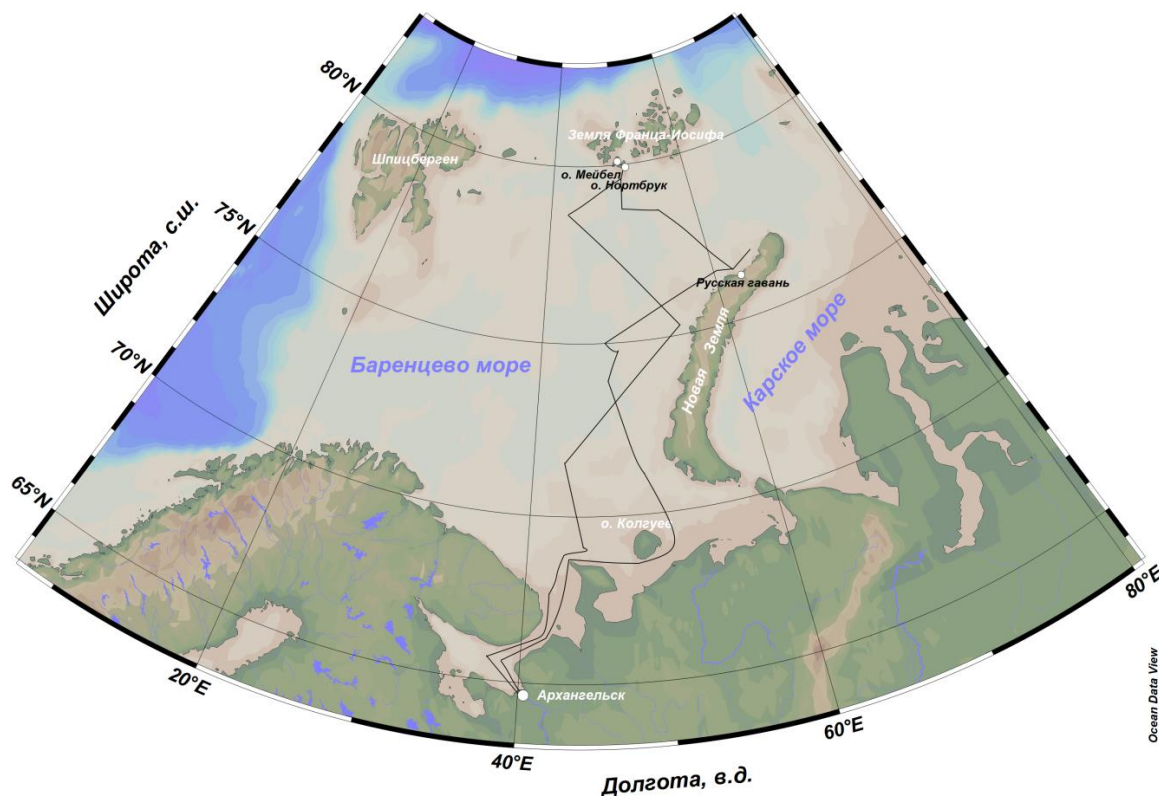


Рисунок 3.2 – Карта пути следования судна НИС «Профессор Молчанов» (черная линия) в рамках научно-образовательной экспедиции «Арктический плавучий университет-2024», 25 июня – 15 июля 2024 г

Морской мусор на побережьях был собран (большие предметы были оставлены на суше и убраны вглубь острова), классифицирован на судне и вывезен из места сбора в г. Архангельск. Плавающий мусор был зафиксирован и записан в протокол. Данные исследований были обработаны с помощью программного обеспечения Microsoft Excel, карты были построены в программах Ocean Data View и QGIS.

### 3.2 Методы исследования морского мусора

#### 3.2.1 Метод учета морского мусора на берегах



В рамках научно-образовательной экспедиции «Арктический плавучий университет-2024» методология учета морского мусора на побережьях соответствовала международным рекомендациям OSPAR [39] (Oslo-Paris Convention / The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic – Конвенция о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики) и AMAP [26] (Arctic Monitoring and Assessment Programme – Программа арктического мониторинга и оценки) по мониторингу морского мусора на пляжах. Также в работе был использован классификатор MSFD [54] (Marine Strategy Framework Directive – Рамочная директива по морской стратегии).

Конвенция OSPAR – международное соглашение (основана в 1972 году), направленное на защиту морской среды Северо-Восточной Атлантики, которое объединило (1992 г.) две конвенции:

- Конвенция Осло (1972 г.) – регулирует сброс загрязняющих веществ с судов и самолетов
- Конвенция Парижа (1974 г.) – направлена на предотвращение загрязнения с наземных источников и морской промышленности [25]. Зона действия OSPAR по регионам (рис. 3.3):



Рисунок 3.3 – Карта регионов действия Конвенции OSPAR [61]

I – Арктические воды (архипелаг Шпицберген и запад Баренцева моря), II – Северное море (пролив Скагеррак и Каттегат), III – Кельтское море и пролив Ла-Манш, IV – Бискайский залив и Пиренейское побережье, V – открытый Атлантический океан (включая Азорские острова).

В данной работе был использован протокол из документа «*Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*» [39]. Этот документ предоставляет стандартизированные методики для мониторинга морского мусора на пляжах, который включает в себя критерии выбора участка пляжа для мониторинга (доступность, антропогенная нагрузка, тип береговой линии), стандартизированный протокол (Приложение А) и минимальную длину (100 м) для обследования участка пляжа. Выбор участка пляжа должен соответствовать следующим требованиям: песчаный или гравийный пляж, экспозиция пляжа к открытому морю, пляж не убирается никакими другими сторонними службами, пляж доступен для исследователей в течение всего года, наличие ориентиров для повторных мониторинговых съемок, исследование на

пляжах должно проходить четыре раза в год [39]. В данном исследовании мы использовали стандартизированный протокол OSPAR, длину пляжа 100 м и максимально приближенный участок пляжа по критериям выбора пляжа. Участки на архипелаге Земля Франца-Иосифа были заложены впервые, поэтому на тех участках были выложены ориентиры для повторных исследований. В связи с тем, что OSPAR не учитывает всех характеристик пляжей в Арктике, были использованы рекомендации АМАР.

Программа мониторинга и оценки состояния Арктики (АМАР) является рабочей группой Арктического совета. Эта группа провела исследования по морскому мусору в Арктическом регионе [30] и вывела технические рекомендации по мониторингу морского мусора и микропластика в Арктике [26]. Как уже говорилось выше, рекомендации OSPAR не могут полностью быть выполнены в Арктической зоне в связи с несколькими факторами:

- расположение и тип береговой линии – в Арктике береговая линия определяется как пляжи с песком (редко встречаются в Арктике), гравием, галькой или камнями разных размеров, но не с береговыми скалами,
- длина исследуемого участка может быть сокращена до 50 м, в связи с возможным ограничением скалистыми берегами, но затем данные должны быть пересчитаны на 100 м участок пляжа.
- береговая линия должна быть доступна с суши или с лодки,
- крупные предметы мусора могут быть перемещены вглубь суши, если транспортировка невозможна [26],
- исследования должны проводиться не реже одного раза в течение безледного сезона [27].

В данном исследовании учет мусора проводился от уреза воды (верхняя линия прилива) или как на о. Западный Нортбрук исследования проводились от 30 м от уреза воды, так как основная часть мусора лежала выше 30-40 м зоны, верхней линией полигона служила линия штормового нагона (Русская гавань), линия растительности на о. Мейбел и линия снега и небольшого озера на о. Западный Нортбрук. Длина обследуемой полосы всегда составляла 100 м.

Ширина пляжа определялась между верхней линией накопления мусора и линией прилива. Полученные данные были усреднены по площади.

Выбор пляжей основывался на доступности подхода на лодке к берегу. На суше участок выбирался в середине пляжа, в наиболее открытой части. Сбор мусора осуществлялся командой из студентов и волонтеров. Основной количественный показатель – количество предметов мусора на 100 м пляжа, а также вес мусора по категориям материалов [26], переведенный в плотность (шт/м<sup>2</sup> или вес/м<sup>2</sup>).

Классификация предметов производилась с помощью классификатора MSFD (пример классификатора представлен в Приложение Б). Рамочная директива по морской стратегии или Директива 2008/56/ЕС – законодательный акт ЕС, принятый в 2008 году, который устанавливает правовые рамки для защиты морской среды в водах ЕС. Основная цель Директивы – достичь «хорошего экологического состояния» (Good Environmental Status, GES) морских вод ЕС к 2020 году (сейчас продлено до 2030/2035 гг.). MSFD определяет 11 критериев GES и одним из них является критерий (дескриптор) D10 «Морской мусор». Для каждого критерия есть техническое руководство, так, TSG Marine Litter – экспертная группа, созданная Европейской комиссией для разработки научно-методических рекомендаций по мониторингу и оценке морского мусора в рамках Директивы [50]. Основным документом по мониторингу мусора в морях ЕС «Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas» [54]. В этом документе представлены методы учета крупного мусора на побережье и на поверхности моря, а также сбор и анализ данных микропластика в различных природных средах. Технические руководства OSPAR и MSFD похожи по своим методикам, но классификатор MSFD имеет более полный список морского мусора, который и был применен в ходе данного исследования.

Каждый документ по мониторингу морского мусора на побережьях представленный выше либо дублирует другой, либо дополняет его в связи с

другим регионом исследования или имеющим более обширный классификационный список морского мусора.

Углубленное изучение предметов морского мусора на берегах проводилось по методологии «Deep-dive» [39] для выявления источников происхождения пластикового мусора на пляжах Российской Арктики. Для этого были изучены этикетки берегового мусора, фотографируются любые остатки надписей, записывается страна происхождения, если это возможно определить.

### 3.2.2 Метод учета плавающего мусора на поверхности моря

В данном разделе описываются две методики идентификации морского мусора на поверхности моря. Во время экспедиции проводились два параллельных учета плавающего мусора, но с некоторыми различиями в методологиях, поэтому здесь будет представлена сравнительная характеристика двух методик. Методика 1 (Методика учета плавающего мусора или [26, 54]) – непосредственно направлена на учет морского мусора. Визуальный мониторинг водной поверхности проводился на всем маршруте экспедиции (минимум 4 часа в сутки) при состоянии моря, позволяющем определять мусор безошибочно (небольшие волны, отсутствие тумана). Мониторинг проводился на ходовом мостике на теневой стороне. Предмет фиксировался в полосе шириной не более 30 м от борта судна и записывался в протокол (координаты, время и категория мусора (бутылки, пакеты и т.д.)), для дальнейшего пересчета количества мусора на км<sup>2</sup>. Методика 2 (Методика непрерывных трансектных учетов или [63]) – методика, направленная на учёт морских птиц и млекопитающих, а идентификация морского мусора осуществлялась попутно. Учет морских птиц и млекопитающих производился непрерывно в период движения судна с шириной учетной полосы 300 м, наблюдатель в это время мог находиться либо на ходовом мостике (высота н.у.м. 8 м), либо на

пеленгаторном мостике (10,4 м). Фиксируемые объекты: птицы и млекопитающие, поверхностные явления (плавник, морской мусор – тип, материал, размер, цвет, форма, удаление от борта; макроводоросли, пена), проходящие суда.

Данные методики направлены на разные виды фиксируемого объекта и наблюдатели по методики 1 смотрят только на водную поверхность, а по методике 2 взгляд исследователя направлен над поверхностью моря, что может стать причиной пропуска объекта мусора. Результаты сравнительного анализа будут представлены в главе Результаты.

В данной главе были рассмотрены материалы и методы, использованные для изучения загрязнения морским мусором на побережьях архипелагов Баренцева моря и на поверхности моря. В качестве основного материала исследования выступили натурные данные, собранные в ходе экспедиции «Арктический плавучий университет – 2024», включая географические координаты мест высадок, собранный морской мусор с побережий и протоколы учета берегового и плавающего мусора.

Для анализа загрязнения применялись стандартизированные методики международных документов, такие как OSPAR, AMAP и MSFD, что позволило обеспечить сопоставимость результатов с международными базами данных. Кроме того, во время экспедиции проводились два параллельных учета плавающего мусора. В первой методике фиксация мусора проводилась в полосе шириной не более 30 м от борта судна, фиксируемый объект: морской мусор. Во второй методике проводился непрерывный учет морских птиц и млекопитающих в полосе шириной 300 м, фиксация морского мусора осуществлялась попутно.

## Заключение

В данной работе была выполнена оценка уровня загрязнения пластиковым мусором акватории и побережий Российского сектора Баренцева моря. Были рассмотрены физико-географические характеристики Баренцева моря и прилегающих архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. Баренцево море является уникальным морем, имеющим сложный гидрологический режим, который обусловлен взаимодействием двух потоков: атлантических вод с Северной Атлантики и арктических вод с Северного Ледовитого океана. Взаимодействие двух этих потоков влияет на температуру и соленость вод. Также уникальным морем делает еще одна характеристика: ледовые условия в Баренцевом море отличаются от других арктических морей тем, что юго-западная часть моря свободна ото льда круглый год. Архипелаги Новая Земля и Земля Франца-Иосифа играют значительную роль в формировании локальных климатических условий и ледового покрова. Животный мир на этих архипелагах представлен морскими птицами, наземными и морскими млекопитающими.

В ходе проведенного исследования была проанализирована проблема пластикового загрязнения морской среды Арктики, которая становится все более актуальной в связи с климатическими изменениями и ростом антропогенной нагрузки. Баренцево море – ключевой регион Арктики, который имеет большое экологическое и экономическое значение. Основными источниками морского мусора в море являются: рыболовство и судоходство, речной сток, прибрежная деятельность (портовые сооружения, туризм), а также важно, что около 60 % пластикового мусора заносится течениями из Северо-Восточной Атлантики. Пластиковое загрязнение добралось и до животных Арктики. Микропластик был обнаружен на всех уровнях пищевой цепи.

В 2024 году в экспедиции «Арктический плавучий университет – 2024» (25 июня – 15 июля 2024 г.) были проведены исследования для изучения загрязнения морским мусором побережий архипелагов Земля Франца-Иосифа и

Новая Земля и поверхности Баренцева моря. Для анализа загрязнения применялись международные стандартизированные методики, такие как OSPAR, AMAP, MSFD, методика непрерывных трансектных учетов. В ходе экспедиции проводились два параллельных учета плавающего мусора, и был проведен анализ по результатам идентификации мусора.

По результатам исследований был проведен количественный и качественный анализ пластикового мусора как на побережьях, так и на исследуемой акватории.

Анализ результатов исследований берегового мусора проводился отдельно для арх. Земля Франца-Иосифа и отдельно для арх. Новая Земля, в связи с тем, что архипелаги имеют различия в физико-географических и гидрометеорологических характеристиках.

В 2024 году на архипелаге ЗФИ на о. Мейбел и о. Западный Нортбрук преобладал пластиковый мусор. Основными видами пластиковых предметов на островах стали кусочки пластика (2,5-50 см), куски ящиков, пластиковые крышки от напитков, бутылки от чистящих средств и рыболовные лески, шнуры (диаметр меньше 1 см) – это может говорить о морских источниках поступления мусора (рыболовная деятельность и активное судоходство). По результатам углубленного изучения надписей и этикеток удалось выявить основные источники загрязнения – Скандинавские страны (Норвегия и Дания), а также Россия и Польша.

На о. Северный арх. Новая Земля в Русской гавани в 2024 году преобладающим типом мусора стало стекло, которое обнаруживается там в больших количествах уже с 2022 г. По качественному составу пластикового мусора преобладали кусочки пластика (2,5-50 см), рыболовные лески, шнуры (диаметром меньше 1 см) и крепежные ленты – это может говорить как о морских источниках, так и о местных (бывшая полярная метеорологическая станция и военная база).

Сравнительный анализ первых уборок на островах ЗФИ (о. Белл, о. Мейбел и о. Западный Нортбрук) показал, что уровень загрязнения островов



архипелага характеризуется сходными значениями, при этом количество пластикового мусора варьируется в пределах одного порядкового диапазона.

Пластиковое загрязнение прибрежных зон Баренцева моря регистрируется на территории Скандинавского полуострова, архипелагах Шпицберген, Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. Основными источниками загрязнения выступают рыболовные и транспортные суда, а доминирующими категориями пластикового мусора являются фрагменты рыболовных снастей, полимерные изделия бытового назначения и промышленная упаковка, транспортируемые морскими течениями.

Сравнительный анализ данных свидетельствует о снижении концентрации морского мусора в прибрежных районах Шпицбергена и Новой Земли (м. Желания), в то время как в районе Финнмарка (Скандинавский п-ов) и в Русской Гавани (арх. Новая Земля) отмечается увеличение антропогенного загрязнения. Для архипелага Земля Франца-Иосифа требуется дальнейший мониторинг, поскольку проведенные исследования являются пилотными и отражают лишь исходный уровень накопленного пластикового загрязнения.

Результатом исследования плавающего мусора было сравнение двух методик учета. Предварительный сравнительный анализ данных показал, что различия в методологиях были существенными и для более детального сравнения требуется проведение повторного исследования. Но по этим методикам были и сходства, так, преобладающими типами пластикового мусора стали кусочки пластика (2,5-50 см), а также пакеты и промышленная упаковка. По району обнаружения были совпадения и в целом можно сказать, что большая часть идентифицируемых предметов была найдена в районе южной оконечности Новой Земли. В связи с этим, повторный сравнительный анализ необходим для получения детальных различий и сходств в этих методиках.

Для более эффективного контроля пластикового загрязнения в Баренцевом море можно ввести комплекс различных мер, например, проводить мониторинг не раз в год, а использовать методы дистанционного зондирования

для помощи в определении количества пластикового мусора в разные сезоны года. Далее проведение наблюдений за акваторией с помощью камеры, которая была бы обучена нейросетью и смогла бы безошибочно определять тип плавающего предмета для автоматизации мониторинговых съемок. Также, непосредственно для определения источника мусора ввести обязательную маркировку для рыболовных сетей и вводить штрафы для судов, которые непреднамеренно или намеренно сбрасывают обрывки сетей.

#### Практические рекомендации:

Результаты работы могут служить основой для рекомендаций по экологическому мониторингу морей Российской Арктики и быть использованы государственными органами по мониторингу и надзору экологического состояния окружающей среды (например, Росгидромет или Росприроднадзор).

Полученные научно-обоснованные данные измерений также могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях в данном регионе.

## Список использованных источников

1. Валеева Т.А., Мандрыка О.Н. Характеристика морского мусора на высокоширотных островах российской Арктики в современных условиях. *Арктика и инновации*. 2023;1(1):78-87. doi: 10.21443/3034-1434-2023-1-1-78-87.
2. Виноградов А.Н., Цукерман В.А. Айсберговая опасность в Западной Арктике и актуальные задачи по снижению рисков для транспортных коммуникаций и шельфовых промыслов. *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2017;5(56):115-128. doi: 10.25702/KSC.2220-802X-5-2017-56-115-128.
3. *Геоэкология шельфа и берегов морей России*. Под ред. Н.А. Айбулатова. М.: Ноосфера; 2001. 428 с. ISBN 5-8126-0019-8.
4. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР*. Т.1. Баренцево море. Л.: Гидрометеиздат; 1990.
5. Голубева Е.А., Трофимова А.Н., Полякова М.С. и др. Распределение макромусора на поверхности моря и на берегах в российском секторе Баренцева моря в 2024 году. Труды XIII Международной научно-практической конференции "Морские исследования и образование (MARESEDU-2024)". Тверь: ПолиПРЕСС; 2025. С.878-882.
6. Деев М.Г. Галоклин. *Большая российская энциклопедия*. Т.6. М.; 2006. С.335.
7. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. *Моря СССР*. М.: Изд-во Московского ун-та; 1982. 192 с.
8. Ершова А.А., Еремина Т.Р. Пластиковое загрязнение Мирового океана. СПб.: РГГМУ; 2022. 170 с.
9. Ершова А.А., Нецветаева О.П., Мизин И.А. и др. Исследование загрязненности морским мусором побережий островов Западной Арктики. XXIX Береговая конференция: Натурные и теоретические исследования - в практику берегопользования. Калининград: БФУ им. И. Канта; 2022. С.460-463.

10. Зайцева Н.А. Азиатский антициклон. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. 2016. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/1803558> (дата обращения: 05.05.2025).
11. Зонн И.С., Костяной А.Г. Баренцево море. Энциклопедия. Под ред. Г.Г. Матишова. М.: Междунар. отношения; 2011. 272 с. ISBN 978-5-7133-1404-0.
12. Исландская депрессия. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. 2016. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/2632648> (дата обращения: 05.05.2025).
13. Лисицын А.П., ред. Система Баренцева моря. М.: ГЕОС; 2021. 672 с. ISBN 978-5-89118-825-9.
14. Махотин М.С., Иванов В.В. Распространение атлантических водных масс в Баренцевом море по данным наблюдений и численного моделирования. Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2016;361:169-191. ISSN 0371-7089.
15. Моисеев Д.В., Запорожцев И.Ф., Максимова Т.М., Духно Г.Н. Идентификация положения фронтальных зон на поверхности Баренцева моря по данным контактного и дистанционного мониторинга. Арктика: экология и экономика. 2019;2(34):48-63.
16. Нецветаева О.П. Мониторинг пляжного (берегового) мусора в Российской Арктике. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022;4:69-78. doi: 10.22449/2413-5577-2022-4-69-78.
17. Новая Земля. Под общ. ред. П.В. Боярского. М.: Европейские издания - Paulsen; 2009. 410 с. ISBN 978-5-98797-012-6.
18. О нас [Электронный ресурс]. Национальный парк "Русская Арктика". URL: <https://www.rus-arc.ru/about/> (дата обращения: 14.05.2025).
19. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. Проект Государственного доклада. М.: Минприроды России; 2024. 707 с.

20. Плахотник А.Ф. История изучения морей российскими учеными до середины XX века. М.: Наука; 1996. 160 с. ISBN 5-02-003790-7.
21. Саватюгин Л.М., Дорожкина М.В. Архипелаг Земля Франца-Иосифа: история, имена и названия. Под ред. М.В. Гаврило. СПб.: ААНИИ; 2012. 451 с. ISBN 978-5-98364-054-2.
22. Чубаренко И.П. и др. Микропластик в морской среде. М.: Научный мир; 2021. 520 с. ISBN 978-5-91522-513-7.
23. Экологический атлас. Баренцево море. М.: Фонд "НИР"; 2020. 447 с. (Экологические атласы морей России). ISBN 978-5-6043256-4-3.
24. ЮНКТАД: экономика мирового океана оценивается в 3-6 млрд долларов [Электронный ресурс]. URL: <https://news.un.org/ru/story/2023/05/1440772> (дата обращения: 11.05.2025).
25. About OSPAR [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ospar.org/about> (дата обращения: 13.05.2025).
26. AMAP Litter and Microplastics Monitoring Guidelines. Version 1.0. AMAP; 2021. 257 p. URL: <https://www.amap.no/documents/download/6761/inline>.
27. AMAP Litter and Microplastics Monitoring Plan. AMAP; 2021. 23 p. URL: <https://www.amap.no/documents/download/6713/inline>.
28. Arctic Marine Litter [Электронный ресурс]. URL: <https://pame.is/ourwork/arctic-marine-litter/causes-and-composition/> (дата обращения: 15.05.2025).
29. Cózar A., Martí E., Duarte C.M. et al. The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the thermohaline circulation. *Sci. Adv.* 2017;3:e1600582. doi: 10.1126/sciadv.1600582.
30. Desktop Study on Marine Litter Including Microplastics in the Arctic. PAME; 2019. 118 p. URL: <https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/2389>.
31. EcoQO Handbook - Handbook for the application of Ecological Quality Objectives in the North Sea. Second Edition. OSPAR Publication 307/2009; 2009. p. 65.

32. Eriksen M., Maximenko N., Thiel M. et al. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 2013;68:71-76. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.12.021.
33. Ershova A., Vorotnichenko E., Gordeeva S. et al. Beach litter composition, distribution patterns and annual budgets on Novaya Zemlya archipelago, Russian Arctic. *Mar. Pollut. Bull.* 2024;204:116517. doi: 10.1016/j.marpolbul.2024.116517.
34. Franz Josef Land, Arctic Ocean [Электронный ресурс]. URL: <https://www.visibleearth.nasa.gov/images/51895/franz-josef-land/518971> (дата обращения: 12.05.2025).
35. Galgani F., Hanke G., Werner S., De Vrees L. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *ICES J. Mar. Sci.* 2013;70:1055-1064.
36. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 2017;3:e1700782. doi: 10.1126/sciadv.1700782.
37. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. OECD Publishing; 2022. doi: 10.1787/de747aef-en.
38. Golubeva E.A., Ershova A.A. Microlitter Distribution on Sandy Beaches of the Neva Bay of the Gulf of Finland (Baltic Sea) in 2018-2022. *Complex Investigation of the World Ocean (CIWO-2023)*. Cham: Springer; 2023. P.404-411. doi: 10.1007/978-3-031-47851-2\_49.
39. Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area. OSPAR Commission; 2010. 84 p.
40. Haarr M.L., Pires R., Solbakken V. et al. Beach litter in the European Arctic: Accumulation patterns, likely sources and pathways. *Mar. Pollut. Bull.* 2024;209:117187. doi: 10.1016/j.marpolbul.2024.117187.
41. Hallanger I.G., Gjerstad K., Eriksen E. et al. Marine litter and microplastics in the Barents Sea area. Norwegian Environment Agency; 2024. 90 p. (M-2805/2024).

42. ICES. Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG). ICES Scientific Reports; 2024. doi: 10.17895/ices.pub.25970272.v1.
43. IPCC AR6 WG I, Chapter 9 (Ocean, Cryosphere and Sea Level Change), Section 9.3.2.1 (Sea Ice), Page 9-48.
44. Jambeck J.R., Geyer R., Wilcox C. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 2015;347(6223):768-771. doi: 10.1126/science.1260352.
45. Kühn S., Van Franeker J.A., Van Loon W. Plastic Particles in Fulmar Stomachs in the North Sea. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic. OSPAR Commission; 2023.
46. Law K.L., Morét-Ferguson S.E., Goodwin D.S. et al. Distribution of Surface Plastic Debris in the Eastern Pacific Ocean from an 11-Year Data Set. *Environ. Sci. Technol.* 2014;48:4732-4738. doi: 10.1021/es4053076.
47. Lebreton L., Slat B., Ferrari F. et al. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Sci. Rep.* 2018;8:4666. doi: 10.1038/s41598-018-22939-w.
48. Lippiatt S., Opfer S., Arthur C. Marine Debris Monitoring and Assessment. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46; 2013.
49. Lobchuk O., Kileso A. Spatial distribution and sources of anthropogenic marine litter on the sea shore of the Kaliningrad region. *Gidrometeorologiya i Ekologiya*. 2020;61:521-533. doi: 10.33933/2074-2762-2020-61-521-533.
50. Marine environment. EU policies to protect Europe's ocean, seas and coasts [Электронный ресурс]. URL: [https://environment.ec.europa.eu/topics/marine-environment\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/marine-environment_en) (дата обращения: 14.05.2025).
51. Marine Litter, an analytical overview. Nairobi: UNEP; 2005.
52. Moore C.J. Trashed - Across the pacific ocean, plastics, plastics, everywhere. *Nat. Hist.* 2003;112:46-51.
53. Moore C.J. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environ. Res.* 2008;108(2):131-139. doi: 10.1016/j.envres.2008.07.025.

54. MSFD Technical Subgroup on Marine Litter. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas; 2013. 128 p. doi:10.2788/99475.
55. Novaya Zemlya, Northern Russia [Электронный ресурс]. URL: <https://www.visibleearth.nasa.gov/images/105101/novaya-zemlya-northern-russia/1051041> (дата обращения: 12.05.2025).
56. Osadchiev A., Viting K., Frey D. et al. Structure and Circulation of Atlantic Water Masses in the St. Anna Trough in the Kara Sea. *Front. Mar. Sci.* 2022;9:915674. doi: 10.3389/fmars.2022.915674.
57. Plastic in a Bottle: Live Map [Электронный ресурс]. URL: <https://pame.is/ourwork/arctic-marine-litter/plastic-in-a-bottle/> (дата обращения: 15.05.2025).
58. Plastic Particles in Fulmar Stomachs in the North Sea [Электронный ресурс]. URL: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/plastic-in-fulmar/> (дата обращения: 19.05.2025).
59. Protection of the Arctic Marine Environment [Электронный ресурс]. URL: <https://pame.is/> (дата обращения: 15.05.2025).
60. Rantanen M., Karpechko A.Y., Lipponen A. et al. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Commun Earth Environ.* 2022;3:168. doi: 10.1038/s43247-022-00498-3.
61. The North-East Atlantic [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ospar.org/convention/the-north-east-atlantic> (дата обращения: 13.05.2025).
62. Van Franeker J.A. Plastic ingestion in the North Atlantic fulmar. *Mar. Pollut. Bull.* 1985;16:367-369.
63. Webb A., Durinck J. Counting birds from ship. In: Komdeur J., Bertelsen J., Cracknell G., eds. *Manual for Aeroplane and Ship Surveys of Waterfowl and Seabirds*. IWRB Special Publication No. 19; 1992. P.24-37.



Приложение А. Протокол исследования 100 м участка пляжа по рекомендациям OSPAR

Мониторинг морского мусора на пляжах  
Лист исследования (100 м) –

<b>Название пляжа:</b> .....	<b>ФИО исследователя 1:</b> .....
	<b>e-mail:</b> .....
	<b>телефон:</b> .....
<b>Административный район,</b>	<b>ФИО исследователя 2:</b> .....
<b>ближайший Населенный пункт:</b> .....	
	<b>e-mail:</b> .....
	<b>телефон:</b> .....
	<b>Общее количество исследователей:</b> .....

**Дата исследования** ...../...../.....(д/м/г)  
**Время начала исследования:** .....

**Время окончания исследования:** .....

**Дополнительная информация**

Когда проводилась уборка пляжа: ...../...../.....  
Уклонились ли вы от намеченных 100 м:  Нет  Да, уточните:.....

---

Повлияли ли на исследование какие-либо погодные условия:  
 Ветер  Дождь  Снег  Лед  Туман  
 Песчаный шторм  Сильный прилив

---

Вы обнаружили запутавшихся или мертвых животных:  Нет  Да, сколько:.....  
Пожалуйста, опишите животное или запишите вид, если знаете:  
.....  
Живое  Мертвое

Пол животного (если знаете): .....

Возраст животного (если знаете) .....

Животное запуталось в мусоре:  
 Да  Нет  
Если да, опишите, как животное запуталось и тип мусора.....

---

Были ли какие-то условия, которые повлияли на исследование? Например, следы на пляже (от уборки или другие), недавнее пополнение пляжа песком или другое, сложности в идентификации объектов и т.д. Пожалуйста, уточните: .....

---

Были ли какие-то события, которые привели к появлению необычных типов или увеличению количества мусора? Пожалуйста, уточните: .....

Рисунок А1 – Протокол исследования 100 м участка пляжа [39]

Приложение Б. Пример классификатора MSFD

ARTIFICIAL POLYMER MATERIALS\ ИСКУССТВЕННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ			
Код	Наименование	Количество	Всего
G1	4/6-packyokes, six-pack rings\ упаковка-кольца от банок		
G3	Shopping Bags, incl. pieces\ пакеты для покупок вкл. их части		
G4	Small plastic bags, e.g. freezer bags, including pieces\ небольшие пластиковые пакеты, напр., для заморозки, вкл. Их части		
G5	Plastic bag collective role; what remains from rip-off plastic bags\ пластиковые пакеты общего назначения		
G7	Drink bottles<=0.5l\ питьевые бутылки <=0.5 л		
G8	Drink bottles>0.5l\ питьевые бутылки >0.5 л		
G9	Cleaner bottles&containers\ бутылки и контейнеры от чистящих средств		
G10	Food containers incl. fast food containers\ пищевые контейнеры, вкл. фастфуд		
G11	Beach use related cosmetic bottles and containers, eg. Sun blocks\ упаковки от пляжной косметики		
G12	Other cosmetics bottles & containers\ упаковка от другой косметики		
G13	Other bottles & containers (drums)\ другие бутылки и контейнеры (бочки)		
G14	Engine oil bottles&containers<50 cm\ бутылки и контейнеры от машинного масла <50 см		
G15	Engine oil bottles&containers> 50 cm\ бутылки и контейнеры от машинного масла >50 см		
G16	Jerry cans (square plastic containers with handle)\ канистры (квадратные пластиковые контейнеры с ручкой)		
G17	Injection gun containers\ упаковки от строительного силикона		
G18	Crates and containers / baskets\ ящики, корзины		
G19	Car parts\ части от машин		
G21	Plastic caps/lids drinks\ пластиковые крышки от напитков		
G22	Plastic caps/lids chemicals, detergents (non-food) \ пластиковые крышки от химикатов, моющих средств (не пищевых продуктов)		
G23	Plastic caps/lid sun identified\ пластиковые крышки неизвестного происхождения		
G24	Plastic rings from bottle caps/lids\ пластиковые кольца от крышек бутылок		
G25	Tobacco pouches / plastic cigarette box packaging\ пластиковые упаковки от сигарет, табака		
G26	Cigarette lighters\ зажигалки		
G27	Cigarette butts and filters\ окурки, фильтры от сигарет		
G28	Pens and pen lids\ ручки, чернила		
G29	Combs/hair brushes/sunglasses\ расчески, солнечные очки		
G30	Crisps packets/sweets wrappers\ пакеты от чипсов, сладостей		
G31	Lolly sticks\ палочки от конфет		
G32	Toys and party poppers\ игрушки, хлопушки		
G33	Cups and cup lids\ чашки, крышки от чашек		
G34	Cutlery and trays\столовые приборы, подносы		

Рисунок Б1 – Пример классификатора MSFD [54]