



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Бакалаврская работа)

На тему «Исследование потенциального риска микропластикового
загрязнения водным биоресурсам России»

Исполнитель _____ Дорохов Владислав Павлович
(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)

« ____ » _____ 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

Содержание.

Содержание.....	2
Введение.....	3
Глава 1. Описание предмета и объекта исследования.....	5
1.1 Описание роли водных биоресурсов для будущего человечества.....	5
1.2 Аквакультура.....	7
1.3 Рыболовство и аквакультура Ленинградской области.....	12
1.4 Общая характеристика проблемы загрязнения водных объектов микропластиком.....	13
1.5 Потенциальные угрозы микропластика для живых организмов.....	17
Глава 2. Материалы и методы исследования.....	19
2.1 Исследования микропластика в окружающей среде.....	20
2.2 Методы исследования микропластика в живых организмах.....	25
Глава 3. Результаты исследования.....	29
3.1 Исследование воздействия микропластика на водные организмы.....	29
3.1.1 Воздействие микропластика на различные виды рыб.....	29
3.1.2 Микропластик в промысловых видах двустворчатых и других моллюсков.....	32
3.1.3. Потенциальное влияние микропластика на моллюсков.....	33
3.1.4 Микропластик в промысловых видах ракообразных и иглокожих.....	34
3.2 Пластиковое загрязнение в рыбохозяйственной отрасли России.....	35
3.3. Исследование восприятия людьми проблемы микропластикового загрязнения рыбы и морепродуктов.....	38
Заключение.....	43
Список использованных источников.....	47

Введение.

Одной из проблем, сдерживающих рациональное ведение рыбохозяйственной деятельности является продолжающееся загрязнение Мирового океана. Одним из мало изученных, но представляющим в перспективе большую опасность для морских и пресноводных экосистем является микропластиковое загрязнение.

Рыболовство и аквакультура играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности – снабжают местного потребителя здоровыми продуктами питания, идут на экспорт. Это определяет актуальность темы как в глобальной повестке, так и для отдельных регионов.

В связи с этим, целью данного исследования является изучение потенциального риска микропластика водным биоресурсам Российской Федерации. Необходимо оценить риски для биоразнообразия, человеческого здоровья и экономики. В работе принят предупредительный подход, принимая во внимание отсутствие накопленного натурного материала, достаточного для достоверных выводов. [1]

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи:

- Исследовать проблему загрязнения водной среды микропластиком.
- Исследовать опасность микропластика для рыб, моллюсков, ракообразных.
- Изучить потенциальную опасность микропластика в продуктах аквакультуры для человека, определить пути попадания микропластика в живые организмы.
- Оценить количество пластикового мусора, выбрасываемого отраслью аквакультуры и рыболовства.

- Изучить состояние отрасли добычи биоресурсов в России, в том числе аквакультуры.
- Определить потенциальное загрязнение пластиком объектов аквакультуры и рыболовства.
- Исследовать восприятие людьми факта наличия микропластика в рыбе и морепродуктах.

Глава 1. Описание предмета и объекта исследования.

1.1 Описание роли водных биоресурсов для будущего человечества.

Наиболее действенным и эффективным путем повышения уровня жизни населения выступает развитие реального сектора экономики, в котором одно из важных мест принадлежит рыбной отрасли. Наряду с сельским хозяйством и пищевой промышленностью, от рыбохозяйственной отрасли во многом зависит решение проблемы продовольственной безопасности и насыщения внутреннего рынка качественными продуктами питания.[2]

Продукты питания, производимые рыбохозяйственным комплексом страны, занимают важное место в рационе населения России ввиду наличия в них белков животного происхождения, а также витаминов группы В, Н, РР, А, Е. Значимость морепродуктам придает то, что в странах-лидерах по весу потребляемых морепродуктов на душу населения достигнута большая продолжительность жизни. В таких странах, как Япония, Франция, Норвегия, где наибольшие показатели по среднедушевому потреблению рыбы (65, 30, 28 кг/год соответственно) ожидаемая продолжительность жизни при рождении по данным Росстата составляет 82,3, 81 и 80,6 лет соответственно. [3]

Рыболовством занимаются рыбодобывающие компании, осуществляющие промышленный промысел в открытом океане и исключительных экономических зонах иностранных государств, а также прибрежное и промышленное рыболовство в территориальной зоне РФ.

Рыбоводство включает в себя разведение и выращивание объектов аквакультуры в искусственно созданных условиях или естественной среде обитания, а также их выпуск в водные объекты рыбохозяйственного

значения с целью изъятия или пополнения запасов водных биоресурсов, а также получения продукции аквакультуры и оказания рекреационных услуг.[4]

Размещение отрасли определяет то, что уже давно сложилось превосходство в объемах добычи океанического рыболовства над прибрежным и ловом во внутренних водах. Лидерами по вылову являются четыре приморских экономических района: Дальневосточный (около 35%), Прибалтийский, вместе с Калининградской областью (23%), Северо-Западный (почти 19%) и Южном (более 8%). [5]

Особенностью сырьевой базы российских (в особенности, дальневосточных) морей является исключительное разнообразие: около 180 видов рыб, беспозвоночных и водорослей. В отличие от сырьевой базы других бассейнов, основная часть рыб и других гидробионтов добывается в пределах своей экономической зоны, за ее пределами вылов составляет лишь 2,3%. В настоящее время возможности сырьевой базы России используются в среднем на 64%. [6]

В соответствии с Федеральным законом от 20.12.2004 N 166-ФЗ "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов" (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 30.03.2023) сохранение водных биоресурсов – это поддержание водных биоресурсов или их восстановление до уровней, при которых могут быть обеспечены максимальная устойчивая добыча (вылов) водных биоресурсов и их биологическое разнообразие, посредством осуществления на основе научных данных мер по изучению, охране, воспроизводству, рациональному использованию водных биоресурсов и охране среды их обитания.[7]

В Балтийском море обитает всего около сотни видов рыб. Бедность видового состава связанасо слабосоленой водой, группа хищников

представлена всего одним массовым видом – треской. Она занимает конечное положение в трофической цепи в открытых водах Балтийского моря. Балтики. Современное воспроизводство трески происходит на ограниченных участках моря в глубоководных впадинах и сильно зависит от затоков вод из Датских проливов, увеличивающих соленость и содержание кислорода в воде. Благодаря специфической солёности можно встретить виды как считающихся морскими, так и пресноводными. В рыболовном промысле значительную роль играют треска, сельдь, шпрот (балтийская килька), кумжа, лосось, камбала. Среди пресноводных и солоноватоводных распространены сиг, окунь, щука, судак, лещ, рыбец. Отмечены заходы океанических видов рыб. В начале 1990-х годов был занесён балластными водами инвазивный вид, характерный для южных регионов - бычок-кругляк.[8]

1.2 Аквакультура.

Кроме водных биологических ресурсов, воспроизводимых естественным путем и добытых в естественной среде их обитания, все большее значение в мировом рыболовстве приобретают гидробионты, выращенные с участием человека. Такое направление рыбохозяйственной деятельности, связанное с разведением и выращиванием водных организмов в частично или полностью контролируемых человеком условиях, называют аквакультурой.

Преимуществами аквакультуры по сравнению с промыслом является приуроченность к определенному месту, предсказуемость урожая, круглогодичная занятость обслуживающего персонала, возможность выбора коммерчески наиболее выгодного объекта культивирования, т.е. большая управляемость процессов, направленных на достижение поставленной цели.

Существует четыре типа ведения рыбохозяйства:

1. Подращивание в инкубаторах до выпуска в среду обитания с целью повышения коммерческих уловов.
2. Сбор молоди в природе и дальнейшее ее культивирование.
3. Получение молоди от диких производителей и выращивание до товарных размеров в искусственных условиях.
4. Полный контроль процесса в промышленных условиях, на котором получают молодь и выращивают ее до товарных размеров.

В учебном пособии «Основы Аквакультуры» (2006) даётся следующее определение морской аквакультуры: марикультура - морская аквакультура, выращивание полезных водорослей, моллюсков, рыб и других организмов в морях, лагунах, лиманах, эстуариях или в искусственных условиях. [9]

Пастбищное рыбоводство осуществляет искусственное разведение промысловых объектов, выращивает жизнестойкую молодь, которая при необходимости подращивают на первых этапах жизни, а затем выпускают в естественные водоемы, где проходит относительно длительный период нагула с использованием естественных кормовых объектов. При акклиматизации или недостатке производителей объекты разведения (производители или оплодотворенная икра) могут завозиться из других районов. В пастбищах выращивают камбалу, морских окуней, корюшку, кефаль – обитающих в прибрежной зоне, и проходных рыб, таких как лососи и осетры, а также для беспозвоночных с ограниченным ареалом прибрежного обитания и миграционным инстинктом (креветки, многие раковинные моллюски-мидии, устрицы, гребешки, абалоны). Пастбищное рыбоводство дает возможность эффективно повысить продуктивность морских водоемов путем максимизации воспроизводства его обитателей.

Этот тип хозяйств наиболее приемлем и при акклиматизации объектов в новом для них водоеме.

Товарное рыбоводство основано на выращивании рыб до товарной массы с использованием молоди, выращенной у себя или получаемой из хозяйств другого типа. Данный тип хозяйств более сложный, чем первый, так как включает в себя длительный период (от нескольких месяцев до нескольких лет) содержания выращиваемых объектов. В этих хозяйствах необходимо осуществлять постоянный контроль за состоянием среды, проводить профилактические и лечебные мероприятия, а также кормление рыб. Наиболее сложным типом таких хозяйств являются полносистемные, с маточным стадом, контролем и управлением средой на всех этапах разведения и выращивания объектов. Такого рода хозяйства требуют больших материальных затрат по обеспечению максимальной продукции. При этом методе культивирования необходимо применять селекцию и гибридизацию. Выращивание рыб проводят в садках различного типа, бассейнах и других сооружениях. Среди объектов такого рода хозяйств можно назвать форель, кижуча, семгу и других лососей, осетровых, желтохвоста, морского судака и т. д. Из беспозвоночных - устриц, мидий, лангустов, омаров, морских ежей и др. В качестве зон выращивания можно использовать отчлененные от моря заливы и лагуны, а также лиманы (лагунное, или лиманное, рыбоводство). [10]

Ведущую роль в развитии пресноводной аквакультуры занимает прудовое рыбоводство, где выращивание рыбы производится в небольших по площади водных объектах. Основной задачей развития рыбоводства в малых водоемах является принцип получения рыбы с высокими показателями здоровья при минимальных затратах с сохранением экологической безопасности. Основным объектом прудовой аквакультуры является карп, а также другие виды карповых рыб, лососевые.

Россия обладает значительными площадями подходящими для развития прудовой аквакультуры. Общая площадь внутренних водоемов превышает 25 млн. га, в том числе площадь водоемов комплексного назначения и прудов, образованных на торфяных, песчаных или гравийных карьерах - около 1 млн. га. В настоящее время имеющийся водный фонд используется не полностью. Для нужд рыбоводства задействовано около 1 % небольших по площади многочисленных водоемов, которые производят чуть более 4,0 тыс. тонн рыбопродукции.[11]

Основной принцип эксплуатации хозяйств пастбищной аквакультуры состоит в рациональном использовании природного продукционного потенциала. Базой для создания хозяйств пастбищного рыбоводства являются озера, водохранилища, водоемы-охладители, а также морские акватории. Пастбищная аквакультура осуществляется на рыбоводных участках в отношении объектов аквакультуры, которые в ходе соответствующих работ выпускаются в водные объекты, где они обитают в состоянии естественной свободы.

В основе развития пастбищной аквакультуры лежит искусственное воспроизводство рыб в контролируемых условиях и выпуск жизнестойкой молоди в водоёмы.

Главный принцип в пресноводной пастбищной аквакультуре – создание искусственной экосистемы с подбором поликультуры рыб, эффективно использующих кормовую базу водоемов. Пастбищная аквакультура имеет ряд преимуществ в сравнении с прудовой и индустриальной: не требуется значительных инвестиций, земельных площадей и затрат на корма. Для водоемов южной и умеренной зоны России наилучшим образом подходят растительноядные рыбы, а для водоемов северных регионов - лососевые и сиговые рыбы при объемах

продукции до 100-150 кг/га объём вылова достигает 150 тысяч тонн в южных регионах и 40 тысяч тонн в северных. [12]

Осуществляются мероприятия по искусственному воспроизводству - важнейшему элементу поддержания видового разнообразия ихтиофауны водоёмов и пополнения рыбопромысловых запасов. По данным Росрыболовства в 2021 году в объекты рыбохозяйственного значения было выпущено 9 миллиардов особей молоди.

Кроме естественных водоёмов для рыбоводства используют установки замкнутого водоснабжения (УЗВ), бассейны и садки. Материалом для них служат стеклопластик, поливинилхлорид, полипропилен. Этот вид аквакультуры называется индустриальной. Она предполагает высокую степень интенсификации производства и управления процессом выращивания и содержания гидробионтов. В индустриальной аквакультуре продуктивность выше, чем в других видах аквакультуры и достигает 200 т/га при выращивании рыб в садках и бассейнах и 1500 т/га в системах с оборотным водоснабжением.

Хозяйства индустриального типа, производящие продукцию аквакультуры на территории Российской Федерации в зависимости от используемых ими источников водоснабжения можно подразделить на следующие виды:

- Бассейновые, садковые или бассейново-садковые, использующие водоисточники с естественной температурой воды или сбросные тёплые воды водоёмов-охладителей ТЭС, ГРЭС, АЭС и т.п., а также термальные источники.

- Установки замкнутого водообеспечения (УЗВ), предусматривающие в основе применяемой технологии повторное использование воды. [13]

1.3 Рыболовство и аквакультура Ленинградской области.

Рыболовство в Ленинградской области осуществляется по следующим направлениям: «промышленное и прибрежное рыболовство», «любительское и спортивное рыболовство», «рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях», «рыболовство в целях рыбоводства, воспроизводства и акклиматизации водных биоресурсов».

Промысел осуществляется во всех крупных водоёмах – Балтийском море, Ладожском, Онежском, Чудском озере, в малых и средних озерах, реках и водохранилищах. Осуществляется промысел как широко распространённых, так и местных видов: салака, килька, треска, камбала, сельдь, корюшка, ряпушка, сиг, судак, окунь, лещ, щука, ёрш, плотва, густера.

На территории Ленинградской существует более 170 предприятий в сфере рыбного хозяйства: рыбодобывающие, рыбоводные и рыбоперерабатывающие предприятия, организации, предоставляющие услуги по любительскому и спортивному рыболовству, заводы по воспроизводству водных биоресурсов.[14]

Аквакультура в Ленинградской области – наиболее быстро развивающаяся отрасль рыбохозяйственного комплекса, ежегодный прирост объемов товарного рыбоводства в области составляет 15 - 20 %. Основной вид выращиваемой рыбы – радужная форель (около 95 %). На хозяйствах также выращиваются: сиговые, осетровые, карповые; новые объекты товарного рыбоводства: нельма, африканский (клариевый) сом; перспективными объектами являются: судак, паляя, объекты воспроизводства.

На территории Ленинградской области расположены пять рыбоводных заводов. Заводами ведется работа по воспроизводству ценных видов рыб: лососевых, сиговых и миноги.[15]

Рыболовство и аквакультура в Ленинградской области динамично развивается по всем их направлениям. Внедряются новые технологии, осваиваются новые площади для аквакультуры, ведётся работа в области селекции.

1.4 Общая характеристика проблемы загрязнения водных объектов микропластиком.

Термин “микропластик” в российской научной литературе стал применяться относительно недавно. Им принято называть частицы пластика диаметром менее 5 мм. Частицы из искусственных полимеров - волокна, резина, пластмассы, все они являются ксенобиотиками. Самые распространенные его виды – полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол. [16]

В 21 веке пластиковый мусор распространился по всему океану. Повсеместное использование пластика вместо традиционных материалов росло в геометрической прогрессии с 50-х годов прошлого столетия, когда началось его широкомасштабное производство. Основное свойство пластика – прочность, становится и главным его недостатком - при нежелании или неспособности управлять сбором и переработкой пластиковые вещи и обломки на многие столетия были оставлены людьми в почве и океане, создавая глобальную проблему. Как и многие другие загрязнители, пластиковый мусор – это трансграничная, комплексная, общественная и экологическая проблема, которую не так просто решить. [1]

В морскую среду пластик попадает при непосредственном сбросе хозяйственно-бытовых сточных вод в береговую зону морей, загрязнении человеком пляжей и рек, впадающих в океан, сбросе мусора с судов, оставлении рыболовного снаряжения.

Пластиковые изделия и частицы медленно, но верно разрушаются под механическим и биологическим воздействием –ультрафиолетовым излучением, энергией волн, воздействием биоты. В результате образуются макро-, микро- и наночастицы, которые несут опасность для окружающей среды.

Микропластик образуется не только в результате разложения более крупных частиц, мелкие пластиковые частицы широко применяется в разных областях современной человеческой деятельности. Появившийся в результате разложения называется вторичным, первичным - пластик в виде гранул и порошков, попадающий в экосистемы в ходе потерь сырья при производстве, частицы из косметических средств и волокна синтетической ткани. [17]

Полузакрытые бассейны, такие как Балтийское море, особенно уязвимы, поскольку они надолго задерживают загрязнения, накапливая потенциально опасные вещества в более высоких концентрациях. В российской части Балтийского моря проводились исследования по всему побережью, наиболее характерными методами исследования пляжей были “rake” и “frame” метод.

После штормов вдоль пляжа формируются валы водорослей, различного мусора, парафина и янтаря выносимые на берег волнами. Именно в них аккумулируется большая часть пластикового мусора. Исследования показали, что пластиковый мусор встречается абсолютно во всех точках отбора проб и в любой период года.

Также проведён ряд исследований загрязнения микропластиком вод Балтийского моря. Так, например, в Финском заливе отбор проб воды из подповерхностного слоя с использованием погружного насоса с размером ячеек (100 мкм) показал загрязнение 0–6.8 шт./м³ для микропластика, методом манта-трала в поверхностном слое (>333 мкм) 0–0.8 шт./м³. В

поверхностных водах у побережья Финляндии в Финском заливе (метод мантатрала, ячейка сетки 333 мкм) концентрации микропластика: в Архипелаговом море 0.25 ± 0.07 шт./м³; в порту Турку 0.33 шт./м³; в открытом море 0.48 шт./м³[18]

В течение 2015–2016 гг. для определения уровня загрязнения микропластиком водной толщи Балтийского моря было отобрано 95 проб воды в шести экспедиционных рейсах в нескольких районах собственно Балтийского моря. Исследования, проведённые с применением различного оборудования для отбора проб на поверхности моря и в водной толще (манта-тралы, планктонные сети Бонго, эпибентические салазки и др.) в разных слоях воды демонстрируют одинаковый порядок содержания микропластика во всей толще воды, который увеличивается на поверхности (в зависимости от района исследования) и вблизи дна.

Фрагменты микропластика были найдены только вблизи береговой линии, тогда как плёнки в основном встречались вдали от берега. Распределение волокон оказалось разным: максимальная концентрация наблюдалась у берега с тенденцией к уменьшению при удалении от него (но скачкообразно). Вероятно, что это может быть объяснено различными физическими свойствами данных типов микропластика и разными скоростями придонных течений в этих прибрежных зонах.

Одним из самых изученных объектов является Финский залив - Российский государственный гидрометеорологический университет (лаборатория ПластикЛаб) ведёт исследования воды и пляжей с 2018 года. Работа РГГМУ направлена на отработку методических подходов к мониторингу микропластика, исследование распространения частиц в водной среде залива, а также создание первой базы данных по морскому мусору в российском секторе Балтики, которая насчитывает почти полторы

тысячи единиц данных измерений с покрытием более чем 4500 м² площади побережий. [19]

Арктические акватории РФ занимают более половины Северного Ледовитого океана (6,8 млн км²). Кроме того, к арктическим зонам относится часть акватории Берингова моря (к северу от 64° с. ш.), примыкающая к одноименному проливу. Рыбный промысел осуществляется, главным образом, в Баренцевом, Беринговом и, в меньшем объеме, в Белом море, тогда как Карское, Восточно-Сибирское, Чукотское и море Лаптевых нельзя назвать районами регулярного рыболовства. [20]

Результаты работы учёных в полярных регионах показывают, что моря и побережья Арктики, несмотря на их значительную удаленность от урбанизированных районов планеты, в целом значительно загрязнены пластиковыми отходами и микропластиком, а Баренцево море названо местом формирования потенциального шестого мусорного пятна в Мировом океане. Значительное количество плавающего пластикового мусора встречается на поверхности Баренцева моря в районах высокой транспортной нагрузки, в частности была отмечена высокая вероятность нелегального сброса пластикового мусора с судов.

Наблюдаемое в последние годы значительное увеличение морских перевозок по Северному морскому пути становится причиной повышенной антропогенной нагрузки в этом регионе: объем грузоперевозок с 2011 по 2019 г. увеличился на 913 %. Кроме того, источниками пластикового мусора являются реки и течения из Атлантики.

Результаты исследования показали, что в 2019 г. в морях Западной Арктики максимальные концентрации микрочастиц антропогенного происхождения зафиксированы в Баренцевом море — до 28 шт./м³, а

минимальные — в Карском, 1 шт./м³, с разницей максимальных и минимальных значений в данных морях в несколько раз. [21]

Таким образом, Баренцево море является объектом повышенного риска - при высокой антропогенной нагрузке и большой значимости для рыбного хозяйства имеет свойство аккумулировать пластик в мусорное пятно.

1.5 Потенциальные угрозы микропластика для живых организмов.

Среди потенциальных угроз одной из очевидных является проглатывание несъедобной массы. Микропластик поглощают как пелагические так и бентические виды рыб. Это подтверждают исследования в Средиземном море, Аравийском море и в южной Атлантике.

Поскольку пластик не усваивается живыми организмами за редким исключением вида жуков и нескольких видов микроорганизмов, уже само по себе проглатывание пластика представляет угрозу для них и может вызывать летальный исход. [22]

Исследования предполагают, что большая часть микропластика выводится из организма, однако, некоторые проникают через пищеварительный тракт. Например, у дафний (*Daphniamagna*), содержащихся в ходе эксперимента в воде с примесью сфер диаметром 1 мкм было обнаружено проникновение через эпителий кишечника. [23]

Особую опасность несут частицы нанопластика - частиц размерами 1-1000 нм. Наноразмерный материал способен проникать в систему кровообращения, фармацевты изучают способы доставки лекарств частицами полимеров. [24]

Шведские учёные открыли воздействие пластиковых частиц на мозговую ткань рыб. Нанопластик аккумулировался в мозговой ткани рыб

пересекая гематоэнцефалитический барьер. Эти рыбы медленнее потребляли пищу и меньше исследовали окружающие территории, что могло являться следствием повреждений мозга.

Достаточно очевидна способность микропластика передаваться по трофическим цепям. Через зоопланктон нанопластик попадает в организмы рыб, которые поглощаются другими рыбами и млекопитающими, в том числе людьми. В данный момент не накоплено достаточно данных о содержании нанопластика в тканях рыб и передаче их к человеку при употреблении. Однако, необходимость изучения воздействия пластика на экосистемы крайне велика, так как вполне вероятно, именно нанопластик может нести куда более опасное влияние на водные экосистемы, чем более крупные частицы.[25]

Данные исследований, приведенные в таблице 1, указывают на усвоение и перенос микропластика различных размеров в организме мидий и рыб.

Таблица

1

-

Поглощение и внутренний перенос частиц в морских организмах (мидий и рыб) в лабораторных условиях [1]

Тип частиц	Размер	Организм и способ переноса	Наблюдаемый эффект
Полиэтилен высокого давления	0-80 мкм	Внедрение в эпителий кишечника мидии съедобной	Гистологические изменения
Полистирол	2,3,9.6 мкм	Перенос через стенку кишечника мидии съедобной	Попадание частиц из кишечника в гемолимфу
Полистирол	24-28 нм	Поглощение с зоопланктоном (золотой карась)	Изменения в поведении и липидном обмене

Имеются обзоры лабораторных исследований, демонстрирующих поглощение наночастиц морскими организмами, включая мидии и морские гребешки).

Однако, наибольший вред несёт способность частиц пластика к адсорбции токсикантов и последующим их отделением внутри живых организмов. Благодаря своему химическому составу и свойствам, частицы микропластика могут легко адсорбировать гидрофобные стойкие токсиканты из воды в концентрациях от нг/г до мг/г, например, хлорорганические соединения, имеющие высокую способность к биоаккумуляции. Чем больше отношение площади поверхности к объёму микропластиковой частицы, тем больше эффективность поглощения токсиканта. Также подтверждается выделение из частиц в воду добавленных пластификаторов и стабилизаторов и поверхностно активных соединений.[26]

Наконец, существует процесс биообрастания - частицы пластика становятся “транспортным средством” для микроорганизмов, в том числе патогенных. Обычно такие организмы прикрепляются к природным плавучим материалам, например дерево, макроводоросли, пемза, однако пластик как ещё один материал гораздо более долговечен, что позволяет морским организмам распространяться дольше и дальше. Это увеличивает потенциальный риск для экосистем от инвазивных видов. [18]

Таким образом, на данный момент определены следующие потенциальные опасности микропластика для организмов и экосистем: проглатывание крупных частиц, попадание через трофические цепи меньших размеров, «сопутствующий ущерб» в виде адсорбированных веществ и прикрепившихся микроорганизмов.

Глава 2. Материалы и методы исследования

2.1 Исследования микропластика в окружающей среде

Микропластик присутствует во всех средах, поэтому были разработаны методы мониторинга воды, прибрежной территории. На данный момент нет единых утверждённых методик мониторинга микропластика. При этом на репрезентативность данных могут значительно влиять метеорологические условия, время отбора проб и географический фактор.

При анализе проб различного состава так или иначе имеются некоторые отличия, но основные этапы остаются неизменными: просеивание, сушка, жидкое окисление в перекиси водорода, плотностное разделение - флотация, визуальная сортировка с помощью микроскопа, взвешивание.

При отборе проб следует фиксировать фоновую концентрацию микропластика в окружающей среде. Во избежание загрязнения проб необходимо избегать использования синтетической одежды и воздушных потоков в помещении при их обработке.

Отбор проб может проводиться: из верхнего слоя или толщи воды, донных отложений, береговых наносов, биоты.[18]

Отбор проб может быть: выборочным - сбор частиц пластика с поверхности песка, видимых невооружённым глазом, полнообъёмным - наиболее популярным методом для отбора донных отложений, и методами концентрирования - уменьшения исходного объёма пробы для последующей обработки в лаборатории.

Сбор с поверхности происходит при помощи сетей и тралов. Наиболее значимой характеристикой является размер ячеи. Крупноячеистые сети упускают значительное количество пластика, по сравнению с мелкими, однако, быстро забиваются.

Для отбора проб воды из водного столба используются планктонные сети, батометры, системы забора забортной воды на судах. В различных исследованиях пробы воды отбирались из водной толщи разными способами с глубин от одного до нескольких сотен метров.

Отбор проб (или серия отборов) может проводиться: со всей площади пляжа, (из нескольких отдельных зон, вдоль створа из различных зон пляжа, на линии максимального прилива/заплеска, в канавах и траншеях позади пляжа.

Основные особенности методов, учитывающих фрагменты мусора, следующие:

Мониторинг макромусора по методу OSPAR рекомендуется проводить как минимум на двух 100-метровых участках на одном пляже четыре раза в год (в разные сезоны). Для обеспечения представительности полученных результатов для небольших (порядка 100 м) участков установлен минимум нахождения 100 различных предметов мезо- и макромусора, а для больших (~1 км) участков – минимум 20 предметов большого размера (более 50 см). Мониторинг по методу OSPAR широко используется в Европе, в том числе для побережья Балтийского моря. Данные заносятся в единую базу данных.[27]

“Фрейм” – метод основан на просеивании песка (просеивается объём на какой-то активной площади). Для определения мезопластика пробы отбирают в двух квадратах площадью 1 м² внутри участка обследования на макромусор (10 на 4 м).

Предварительно в протокол вписывают данные погоды, оценки места отбора – тип берега, волнение, ветер, сгонно-нагонные явления, тип пляжа, частота его уборки, активность судоходства, расстояние до точки сбора отходов. Квадраты располагают в зоне заплеска, первый – на самом визуально загрязненном участке, второй – на расстоянии 3 метров от

первого. Сверху снимается 1.5-2 см песка металлическим шпателем и просеивается через металлическое сито с размером ячейки 2 мм. Сито слегка погружается в ведро с водой и потряхивается до тех пор, пока весь песок не просеется. В оставшемся содержимом сита вручную отбираются частицы мусора. Затем, они помещаются в зип-лок и маркируются. Действия повторяются до тех пор, пока не будет просеян весь квадрат. По окончании отбора проб на полигоне заполняется протокол. Анализ проб выполняется в лаборатории.

«Рейк»-метод – метод, основанный на распашке песка на большой площади. Применяется от границы сухого песка до линии растительности.

Методика предполагает использование специального инструмента – «граблей» - для просеивания песка с размером ячейка 5 и 2 мм. При наличии повторности соблюдается расстояние между разрезами не менее 100 м.

Песок просеивается по сегментам - 0,5 м * 5 м, таким образом, площадь стандартного сегмента 2,5 м². По окончании сегмента грабли протряхиваются за пределами полосы отбора, найденный мусор помещается в пакет и анализируется в лаборатории. По достижении линии растительности направление движения меняется в обратную сторону без промежутка между ними. Необходимо достигнуть минимальной площади 50 м². [27]

В настоящий момент нет стандартизированных методик пробоотбора и лабораторного анализа. Методы с годами совершенствуются, пробоотбор имеет выраженную региональную специфику. [28]

После проведения полевых исследований весь собранный материал доставляется в лабораторию, где сортируется и сравнивается с классификатором морского мусора, после чего все документируется в бланк морского мусора ОСПАР по морским пляжам. [18]



А

Б



В

Рисунок 1 –Отбор проб микропластика на побережьях Финского залива и в водной толще в 2022 году: А - просеивание песка рейк-методом, Б - просеивание песка фрейм-методом. В –подготовка к отбору проб воды при помощи фильтровальной установки.

В связи с совершенствованием оборудования, лабораторные методы исследования активно улучшаются. Единых методик лабораторного анализа микропластика на данный момент нет, например, даже относительно простые методы детекции требуют дорогого оборудования. Вследствие этих причин, лаборатории всего мира практикуют различные методы пробоподготовки, химической обработки образцов и их качественного анализа на лабораторном оборудовании.

Лабораторная обработка проб и последующая сортировка микропластика необходима для проб, отобранных из водного столба и концентрированных проб воды. Она состоит из консервации и хранения, соблюдения качества проб (исключая загрязнения пробы в лаборатории), пробоподготовки, включая плотностное разделение, фильтрование, просеивание, очистки от органического материала, и, непосредственно, анализа. [27]



Рисунок 2 - Анализ проб воды из р. Невы и Финского залива в лаборатории ПластикЛаб РГГМУ

Предварительным методом идентификации микропластика является визуальная детекция возможных частиц с помощью оптического микроскопа (обычно стереомикроскопа). Частицы пластика отличаются правильными формами. Однако данный метод не позволяет однозначно определить материал частицы. Наиболее простой метод - проверка горячей иглой. Более точные, но затратные методы - различные методы спектроскопии и спектрометрии.

Пробы донных отложений в лаборатории обрабатываются похожим образом. Сначала проба оставляется на ночь в сушильном шкафу (90° C), определяется вес сухой пробы. После в сухую пробу добавляется раствор хлорида цинка для плотностного разделения и проба перемешивается и отстаивается, пока на поверхность не всплывёт микропластик. Этот поверхностный слой сливают и отфильтровывают через сито или фильтр или «декантируют» (отбирают пипеткой поверхностный слой). Пинцетом убирают любые частицы размером больше 5 мм. Взвешенный материал помещают в чистую тару и снова высушивают. В результате получается смесь всего микропластика и органического материала пробы. Органика окисляется перекисью водорода и дальше опять добавляется соль (например, NaI) в делительной воронке. Через сутки исследуется отстоявшийся осадок на наличие микропластика. Раствор, который остался в воронке, отфильтровывается, высушивается и затем под микроскопом (до 40х увеличение) выбираются частицы микропластика, взвешиваются и отправляются на спектрометрический анализ.[27]

2.2 Методы исследования микропластика в живых организмах.

Для изучения количества микропластика в живых организмах используются следующие методы:

1. исследование мёртвых организмов и состава их ЖКТ.

2. изучение экскрементов. [27]

Для мониторинга микропластика в экосистемах водных объектах важную роль играет контроль микропластика в гидробионтах. Исследования показали, что перенос осуществляется не только при поедании амфибиотических личинок насекомых, но и в насекомых, при их метаморфозе.

Отбор макрозообентоса с берега осуществляется с помощью дночерпателей, скребков, гидробиологических сачков. Для отбора с удалённых участков пользуются закидной драгой и донным тралом. Отобранный донный грунт просеивается в сите, организмы отбираются пинцетом на месте отбора.

Для отлова личинок амфибиотических насекомых наиболее благоприятным временем являются весна и начало осени, когда вылет насекомых либо не начался, либо закончился, а их личинки уже достигли сравнительно крупных размеров.

Среди двустворчатых предпочитают: семейства Unionidae (униониды) и Dreissenidae (дрессиниды). Для отбора моллюсков на мелководье применяется гидробиологический сачок с ячейкой сети 0,5–1,5 см. Для отбора с глубины используется драга или дночерпатели.

Имеет место сбор вручную, когда моллюски сосредотачиваются на погруженных стволах деревьев или сваях.

После отбора пробы фиксируются, при исследовании биомаркеров влияния микропластика, моллюсков замораживают жидким азотом и хранят в нем или термостате (-18°C) до проведения необходимого анализа.

При неправильном хранении частицы микропластика могут разрушаться, поэтому при хранении и транспортировке проб необходимы следующие процедуры хранения и консервации, позволяющие сохранить

микропластик в том виде, в котором он был извлечен из окружающей среды:

- 1) высушивание при комнатной температуре и изоляция от источников ультрафиолета;
- 2) заморозка при температуре -18°C ;
- 3) фиксация раствором этанола или формалина.

Перед анализом у моллюсков отделяют мягкие ткани от раковины, раковины измеряют и взвешивают для последующего подсчёта массы мягких тканей, проводят процедуру экстракции микропластика или готовят пробы для определения биомаркеров любым из известных способов с целью последующего их количественного и качественного анализа физико-химическими методами. При необходимости определения микропластика или биомаркеров в отдельных органах, их препарируют.

Моллюски собираются в избытке, для распределения по размерно-весовым группам и на случай повреждения организмов при отборе и транспортировке. Поврежденные в ходе отлова и транспортировки организмы отбраковываются. [29]

Лабораторные исследования живых организмов отличаются сложностью отделения микропластика от тканей и условиями хранения, требуют специфических навыков при определении микропластика в отдельных органах. Процесс обнаружения частиц аналогичен исследованию других сред. Унификация методов сбора, фиксации лабораторного анализа гидробионтов позволяет максимально снизить влияние этих процедур на конечный результат.

Для минимизации загрязнения пробы при ее обработке следует исключить воздушные потоки в помещении, снимать верхнюю и синтетическую одежду вне лаборатории, проводить влажную уборку перед

работой, соблюдать правила очистки лабораторной посуды перед применением.

Глава 3. Результаты исследования

3.1 Исследование воздействия микропластика на водные организмы

3.1.1 Воздействие микропластика на различные виды рыб

Микропластик поглощается многими промысловыми видами рыбы, однако, мы знаем очень мало о его влиянии при потреблении. Для крупных частиц пластика характерно удержание в пищеварительном тракте и частичное выведение с фекалиями, пластик наноразмеров способен воздействовать на более тонкие системы организма рыбы, влиять на их поведение.

Потребление микропластика рыбой в первую очередь, вызывает беспокойство по поводу частичного разрушения структуры микропластика в организме с выделением токсичных веществ из состава вещества (тяжелые металлы, стирол, фталаты), или собравшиеся на нем во время «жизненного цикла» частицы. В данный момент нет исследований подтверждающих накопление токсичных веществ, попавших в трофические цепи через пластик, и передачи их хищным видам, включая человека. Результаты лабораторных исследований демонстрируют перенос загрязнителей и накопление в токсикантов в тканях, изменение поведения хищника. Некоторый оптимизм внушает то, что количество микропластика, воздействию которого подвергаются особи в лабораторных экспериментах и гораздо меньше, чем концентрации, обнаруживаемые в экосистемах.[1]

Частицы микропластика могут переносить адсорбированные органические загрязнители в ткани морских организмов, предоставляя дополнительные экспериментальные доказательства роли этих частиц как источника химической биоаккумуляции. Как первичный, так и

загрязненный микропластик не вызывали выраженных экотоксикологических эффектов на молекулярном и клеточном уровнях после 28 дней воздействия. Однако наблюдаемая восприимчивость иммунной системы, накопление токсикантов и вероятный переход от физической к химической опасности предполагают, что токсикологический риск микропластика для морских организмов, вероятно, низок, но не пренебрежимо мал. Необходимы дополнительные исследования для выяснения условий хронического воздействия и того, может ли взаимодействие частиц с другими факторами стресса вызывать долгосрочные, незначительные последствия для состояния здоровья организмов. [30]

Таблица 2. Воздействие микропластика на объекты аквакультуры и рыболовства, распространённые в Российской Федерации (адаптировано из [31])

Тестируемый вид	Результат	Размер частиц
Клариевый сом	Воздействие на мозг Окислительный стресс Снижение гемоглобина	95 мкм
Белый Амур	Измененный метаболизм Снижение выживаемости Окислительный стресс	30-40 мкм
Мозамбикская тилапия	Накопление в ЖКТ.	1000 мкм
Нильская тилапия	Накапливается в кишечнике, жабрах и мясе Гибель клеток, в т. ч. кровяных	100 мкм
Радужная форель	Не накапливается, несмотря на попадание в организм.	10-300 мкм
Ханос	Снижение скорости роста	-
Большеротый окунь	Накопление в ЖКТ.	-
Лаврак	Провоцирует врожденную иммунную активность, Накапливается в печени, жабрах, мышцах и мозге. Окислительный стресс в жабрах и печени. Накопление в кишечнике,	151–500 нм 1-100 мг/мл–1 1-5 мг/мл–1 50 нм
Ставрида	Нейротоксичность.	50 мкм
Сазан	Измененный уровень белка, повреждение желудочно-кишечного тракта, замедление роста.	450, 5000 мкм
Речной окунь	Повреждение ДНК, окислительный стресс, перекисное окисление липидов, апоптоз	10-100 мкм

Из исследований, приведённых в таблице 2 можно сделать следующие выводы: Частицы разных размеров по-разному влияют на организм. Крупные - 500 мкм и больше, остаются в пределах ЖКТ,

физически повреждают его, меняют пищевое поведение. Частицы наноразмеров воздействуют на мозг, жабры, клетки, в том числе крови.

3.1.2 Микропластик в промысловых видах моллюсков.

Микропластик был найден во многих промысловых видах, включая мидий, устриц, гребешков и других съедобных двустворчатых моллюсков. Моллюски-фильтраторы обычно прикрепляются к предметам или зарываются в донные отложения в литоральной и сублиторальной зоне, поэтому, как бентосный организм подвергаются большему воздействию микропластика, чем неприкрепленные и более подвижные организмы.

Было изучено поглощение дикими и культурными видами и присутствие микропластика в организмах, продаваемых в магазинах розничной торговли в Европе, Северной Америке и Азии. В результате был обнаружен микропластик в виде гранул и волокон как крупной фракции (до 5 мм), так и наночастицы.[32]

В результате, и дикие, и культурные виды съедобной мидии поглощали микропластик в естественных условиях, до 34 частиц и массой до 1 г (во влажном состоянии). Средняя концентрация частиц микропластика в культивируемых мидиях из Новой Шотландии (Канада) была значительно выше (178 волокон на культивируемого моллюска и 126 волокон на дикого моллюска), чем в диких. [33]

В Бельгии микропластик наблюдался в готовых к употреблению моллюсках из магазинов, а также в выловленных в открытом море и вдоль побережья. Коричневая мидия (*Perna perna*) – важный промысловый вид, подверженный загрязнению микропластиком.

Бразильские ученые установили, что три четверти коричневых моллюсков из Сантуса – высокоурбанизированной области на юго-восточном побережье, содержат микропластик. [34]

3.1.3. Потенциальное влияние микропластика на моллюсков.

Как и в случае с рыбами, на данный момент имеющейся информации о влиянии микропластика на моллюсков недостаточно. Установлено, что оно отличается в зависимости от вида моллюска, типа частиц, количества частиц в среде и длительности воздействия. В лабораторных условиях на средиземноморских мидиях было продемонстрировано поглощение загрязняющего вещества вместе с микропластиком. Этот моллюск может поглощать частицы полиэтилена и полистирола, а так же усваивать частицы полициклических ароматических углеводородов. ПАУ являются сильными токсикантами и канцерогенными веществами, последствиями такого воздействия служат изменения иммунологических реакций, нейротоксичные эффекты, генотоксичность. [30]

У особей коричневой мидии в лабораторных условиях частицы ПВХ в кишечнике и в гемолимфе наблюдались в течение 12 дней после воздействия. У моллюсков были обнаружены признаки перекисного окисления липидов и повреждения генетического материала; нарушена целостность лизосомальных мембран.

Микропластик был обнаружен во многих промысловых видах моллюсков, однако, в предельно малых концентрациях, при максимальном количестве 75 частиц на одну особь для некоторых видов, в зависимости от места нахождения. В ходе экспериментов с устрицами было выявлено негативное влияние на репродуктивные функции, наблюдался ряд различных токсических эффектов.

3.1.4 Микропластик в промысловых видах ракообразных и иглокожих.

Среди иглокожих и промысловых видов ракообразных так же было отмечено поглощение микропластика. Краб-плавунец (*Carcinusmaenas*) оказался подвергнут воздействию микропластика через пищу - мидий. Через 21 день частицы были обнаружены в желудке, гепатопанкреасе, яйцеводе и жабрах. Было установлено, что микропластик попадал в организм крабов через жабры. [35]

Более 80% норвежских омаров (*Nephropsnorvegicus*), взятые из залива на побережье Великобритании, также содержали в своих желудках микропластик разных форм и размеров. Предполагается, что некоторые виды пластика способны выделять «аппетитный» запах, становясь привлекательными для употребления.

Более чем в половине особей креветки (*Crangoncrangon*), из пролива Ла-Манш и южной части Северного моря, был найден микропластик. В среднем на каждый грамм веса креветок приходилось по 1 частице пластика. Наблюдались большие различия по количеству поглощенного пластика между особями и значительные сезонные различия. [36]

Эксперимент над голотуриями показал, что морские огурцы поглощают пластик из донных отложений. Более того, некоторые особи пластик из осадков поглощали избирательно, предпочитая его обычной пище. [37]

Морские ежи (*Triploneustesgratilla*) употребляются в пищу в некоторых регионах мира, а так же служат добычей для рыб и осьминогов. Подвергнутые в лабораторных условиях воздействию микропластика в различных концентрациях (1–300 частиц на мл, воздействие в течение 1-9 дней) поглощали частицы, но выделяли их обратно. Влияние частиц

пластика при их нахождении в пищеварительной системе не было установлено.

Если микропластик может перемещаться из кишечника в ткани организма, то это может вызывать опасения в отношении биоаккумуляции в пищевой цепи. Однако доступные данные показывают, что микропластик удаляется из тела этих организмов с фекальными массами.

Подводя итоги, исследования воздействия частиц микропластика на организмы проводились в среде с концентрациями микропластика намного превышающие концентрации, на данный момент наблюдаемые в природе. Воздействию микропластика в водных экосистемах наиболее подвержены бентические организмы, организмы-фильтраторы. Токсикологический риск микропластика для морских организмов, низок, но не пренебрежимо мал. Необходимы дополнительные исследования хронического воздействия и исследования воздействия в совокупности с другими стресс-факторами. Человек, как правило, употребляет рыбу и другие морепродукты предварительно их выпотрошив, удаляя вместе с ЖКТ большую часть поглощенного микропластика.

3.2 Пластиковое загрязнение в рыбохозяйственной отрасли России

Рыболовство и аквакультура не только страдают от пластикового загрязнения, эти отрасли достаточно активно в нем участвуют - сточные воды очистных сооружений объектов аквакультуры, орудия лова, средства индивидуальной защиты, рыбная мука и корма.

Материалы бассейна замкнутых установок - стеклопластик, поливинилхлорид, полипропилен. Кроме того, в установках замкнутого типа используются пластмассовые загрузки биофильтров. Пластиковые фильтрующие среды в отсеках с подвижным слоем подвержены высокому трению сдвига и силам, приводящим к износу пластика, следовательно,

служат источником микропластика в системе УЗВ. Поэтому, именно на индустриальный вид аквакультуры стоит обратить особое внимание.

Вспененный полистирол служит материалом для изготовления изоляции и ящиков для рыбы. Эти материалы менее плотные по весу и могут быть очень плавучими. Полиэтилен высокой плотности используется для изготовления буюв, поплавков и резервуаров для хранения. Поливинилхлорид (ПВХ) является материалом, используемым для производства труб, арматуры и других материалов для морских садков.

Почти четверть мирового улова морской рыбы используется для производства рыбной муки, используемой в производстве кормов для животных и аквакультуры. Микропластик различных размеров и форм был обнаружен в аквакорме и рыбной муке. Повышенное содержание микропластика в рыбной муке может быть связано с попаданием в процессе производства.[38]

Большая часть рыбы в 2021 году по данным отчёта Росрыболовства вылавливалась в дальневосточном рыбохозяйственном бассейне (70%). Основной объем добычи водных биоресурсов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну составили следующие виды: минтай – 1 739,07 тыс. тонн, сельдь – 414,3 тыс. тонн. треска – 169,1 тыс. тонн, тихоокеанские лососи – 539,0 тыс. тонн.

Вместе с большими уловами регион подвержен большому воздействию пластикового загрязнения. Несмотря на то, что Россия в этой части мало урбанизирована, страны Восточной Азии и Китай поставляют в моря до 4 млн тонн пластика в год. Значительная его часть оказывается в Тихом океане, однако, необходимо провести более подробную оценку их влияния на моря Дальнего востока.

Доля Северного рыбохозяйственного бассейна в общероссийском вылове составила 10,69 % или 542,1 тыс. тонн. В 2021 году добыто 352,1 тыс. тонн трески, пикши – 98,3 тыс. тонн, камбал – 11,1 тыс. Тонн.

Упомянутые выше исследования Арктики демонстрируют растущую антропогенную нагрузку в уязвимой экосистеме. Опасения вызывают тенденции к накоплению мусора в Баренцевом море - одном из важных объектов рыболовного промысла.

В Западном рыбохозяйственном бассейне в истекшем году добыто (выловлено) 79,5 тыс. тонн водных биоресурсов, из них шпрота – 42,67 тыс. тонн, сельди балтийской – 23,8 тыс. тонн, трески – 1,22 тыс. тонн.

Наибольшая доля производства товарной аквакультуры приходится на СЗФО (21%) и ЮФО (35%). В видовой структуре в южных регионах преобладают карп, мидии, устрицы, осетровые, в северных - лососевые, сиговые, из марикультуры самый популярный атлантический лосось.

В Ленинградской области получили развитие все виды товарной аквакультуры. На ее территории функционируют озерные и прудовые хозяйства, холодноводные садковые хозяйства индустриального типа на естественных водоемах, а также тепловодные садковые хозяйства на сбросных каналах и водоемах-охладителях электростанций, часть хозяйств работает с использованием замкнутого водоснабжения. Наиболее популярным видом аквакультуры является выращивание форели в садках.

В Северо-Западном федеральном округе Российской Федерации Ленинградская область занимает 3 место по искусственному выращиванию рыбы, уступая Мурманской области и Карелии. По итогам 2018 г. производство рыболовной продукции составило 9323 т рыбы и рыбопосадочного материала. При этом практически вся рыба выращивается на пресноводных внутренних водоемах. С 2019 года

начались аукционы на участки для искусственного разведения рыбы в Финском заливе.[39]

Для уменьшения рисков, связанных с микропластиком, в отраслях рыболовства и аквакультуры можно предложить следующие меры:

- Уменьшение вклада в пластиковое загрязнение рыболовства путём контроля за сбросом отходов за борт и выбрасывание в океан орудий лова.

- Использование в отраслях рыболовства и аквакультуры более стойкого и долговечного пластика. Например, в качестве материала для бассейна - стеклопластик, а не поливинилхлорид.

- Контроль и мониторинг микропластика на всех стадиях производства в рыбной промышленности - среды обитания, корма и сточных вод в аквакультуре, обработки и продажи рыбы.

3.3. Исследование восприятия людьми проблемы микропластикового загрязнения рыбы и морепродуктов

Опрос “Микропластик в рыбе и морепродуктах” проводился, в основном, среди студентов РГГМУ. Всего было опрошено 50 человек, 70% опрошенных были женщинами, более 90% участников были в возрасте от 18 до 25 лет. 88% опрошенных проживают в регионе с выходом к морю.

На рисунке 3 представлена диаграмма, представляющая ответы из блока вопросов про обращение с пластиком.

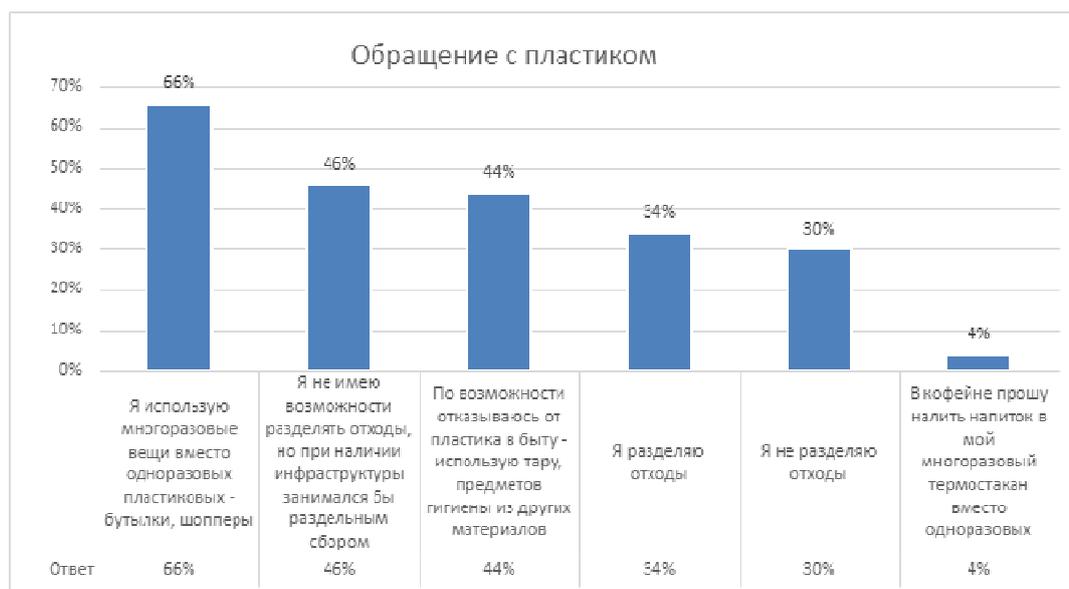


Рисунок 3 - Ответы на вопросы об обращении с пластиком.

Более 80% опрошенных уже разделяют, или хотели бы разделять отходы. Вариант “я не разделяю отходы” часто выбирали вместе с “Я не имею возможности разделять отходы, но при наличии инфраструктуры занимался бы отдельным сбором”. Исключив такие ответы, останется 14% опрошенных, которые не стали бы заниматься отдельным сбором имея возможность. Кроме того, вся эта категория не отметила за собой ни одной из бытовых привычек, сокращающих потребление пластика и контакт с ним.

На рисунке 4 А представлена диаграмма ответов на вопрос “Как часто вы употребляете морепродукты?” На рисунке 4 Б представлены предпочтения опрошенных по виду морепродукта. Варианты ответа были взяты из ассортимента местного магазина “Самокат”, была возможность указать свой вариант ответа.

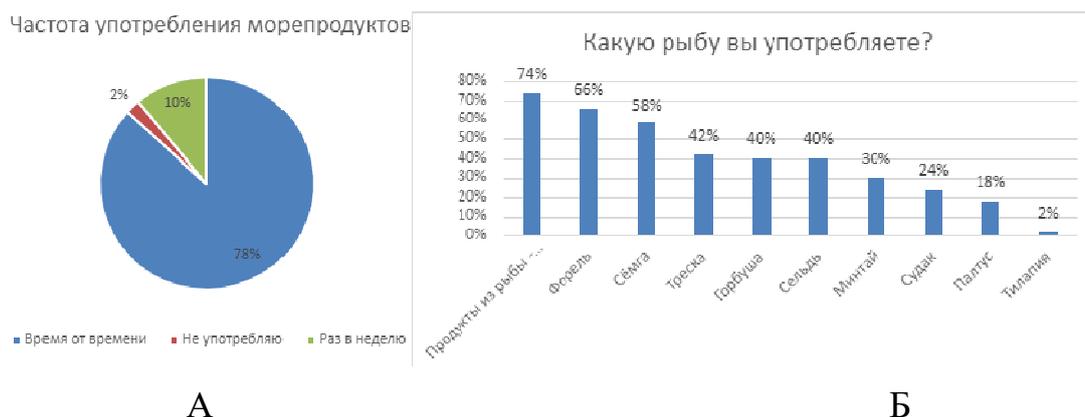


Рисунок 4 А, Б – Ответы на вопросы об употреблении рыбы и морепродуктов.

Из данного вопроса можно сделать вывод, что почти все опрошенные употребляют морепродукты, но лишь 10% делают это регулярно.

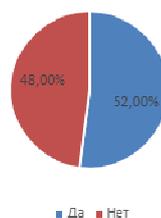
74% опрошенных употребляют продукты из рыбы - крабовые палочки, рыбные котлеты, рыбные снеки. Многие употребляют красную рыбу - форель, сёмга, горбуша. Третья по популярности океаническая рыба - треска, минтай, палтус. Несколько опрошенных упомянули характерный для Балтики морепродукт - корюшку и шпроты (мелкие сельдевые рыбы в консервах).

На рисунке 5 представлены ответы на вопросы о микропластиковом загрязнении. На рисунке 5 А - ответы на вопрос “Слышали ли вы о загрязнении микропластиком?” На рисунке 5 Б - ответы на вопрос “Считаете ли вы, что микропластик потенциально опасен для здоровья?” На рисунке 5 В - ответы на вопрос “Зная этот факт, будете ли вы отдавать предпочтение добытым морепродуктам, а не искусственно выращенным?”



А Б

Будете ли вы отдавать предпочтение добытым морепродуктам, а не искусственно выращенным?



В

Рисунок 5 А, Б, В – Ответы на вопросы о микропластиковом загрязнении.

Большая часть респондентов слышали о микропластиковом загрязнении. Высокая осведомлённость объясняется тем, что большая часть опрошенных - студенты экологического факультета РГГМУ. 86 % опрошенных считают, что микропластик потенциально опасен для здоровья, 14 % затрудняются ответить.

Перед вопросом “Зная этот факт, будете ли вы отдавать предпочтение добытым морепродуктам, а не искусственно выращенным?” был приведён следующий факт: “Канадские ученые установили, что в среднем в искусственно выращенной мидии находится 178 частиц

микропластика, в дикой же - 126". Примерно половина опрошенных отдали предпочтение диким морепродуктам с меньшим содержанием микропластика.

Учитывая ответы на предыдущие вопросы, респонденты считают микропластик опасным для себя, но ставят выше другие свойства искусственно выращенных (цена, вкусовые качества).

Рисунок 6 иллюстрирует общественный запрос на исследования о микропластике в морепродуктах.

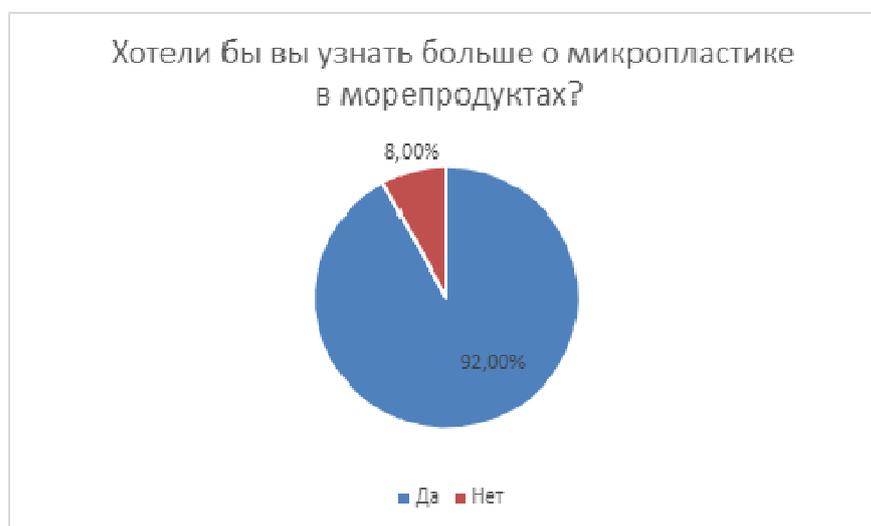


Рисунок 6 - “Хотели бы вы узнать больше о микропластике в морепродуктах?”

Среди опрошенных подавляющее большинство употребляет рыбу и морепродукты. Большая часть респондентов считает микропластик опасным и хотели бы узнать больше на тему микропластика в морепродуктах, что подтверждает актуальность будущих исследований в этом направлении, в том числе региональных.

Заключение

В данной работе было выполнено исследование потенциального риска микропластикового загрязнения водным биоресурсам России. Изучена потенциальная опасность микропластика в продуктах аквакультуры для человека. Оценен потенциал загрязнения объектов аквакультуры и рыболовства. Изучено восприятие людьми факта наличия микропластика в рыбе и морепродуктах.

В работе была исследована проблема загрязнения водной среды микропластиком на основе исследований, проведённых в рамках студенческой практики по мониторингу морского мусора на Финском заливе.

Потенциальная опасность микропластика для человека в данный момент мала, но пренебрегать ей нельзя из-за того, что тема еще недостаточно изучена, но уже очевиден ряд отрицательных эффектов для человека. Вероятность “столкновения” человека с микропластиком почти абсолютна - первый контакт может произойти еще до рождения - в плаценте.

Особую актуальность приобретает проблема микропластика в аквакультуре потому, что некоторые культивируемые животные, такие как двустворчатые моллюски, особенно эффективно поглощают и накапливают микропластик. Удаление микропластика у двустворчатых моллюсков является неэффективным, при этом, моллюски, культивируемые для потребления человеком, могут содержать больше микропластика, чем дикие.

Наличие микропластика может являться “симптомом” загрязнения пластиковым макромусором, способным наносить прямой урон организмам.

Эксперименты на рыбах и ракообразных подтвердили перенос микропластика в трофических цепях, было доказано негативное воздействие микропластика на разные органы и клетки. Однако, концентрации в среде во время экспериментов были значительно выше, чем встречающиеся в природе.

В организме рыбы наибольшая концентрация микропластика наблюдается в желудке и кишечнике, и поскольку эти компоненты обычно удаляются перед употреблением, они не передаются человеку.

Кроме получения урона от пластикового загрязнения рыбохозяйственная отрасль вносит в него значительный вклад - сточные воды очистных сооружений объектов аквакультуры могут переносить пластик, рыба запутывается в брошенных орудиях лова, широко применяется пластик для средств индивидуальной защиты и материалов.

В рыболовном промысле РФ микропластик несёт наибольший риск Дальневосточному региону, из-за наибольшего объема продукции и близости к азиатским странам, вносящим значительный вклад в загрязнение морей пластиком, и северным морям из-за относительной неустойчивости арктических экосистем и тенденции к формированию “мусорного пятна” в Баренцевом море.

Наибольшую угрозу микропластик несёт придонным рыбам и моллюскам. В Ленинградской области наибольшему риску подвержены мидии и камбалы.

Для уменьшения рисков, связанных с микропластиком, в отраслях рыболовства и аквакультуры предлагаются следующие меры:

- Уменьшение вклада в пластиковое загрязнение рыболовства.
- Использование в отраслях рыболовства и аквакультуры более стойкого и долговечного пластика.
- Контроль и мониторинг микропластика в рыбной промышленности.

Для обеспечения безопасности водных биоресурсов и людей населения необходимо принятие мер по изучению и мониторингу микропластика в открытых водоёмах и промышленных рыбохозяйственных установках. Объекты аквакультуры в промышленных установках больше других подвержены риску воздействия микропластика из-за большого количества полимерных материалов в их конструкции в непосредственном контакте с водой и организмами.

Рекомендуется проводить мониторинг микропластика в толще воды для всех объектов рыбного промысла, мониторинг донных отложений в прудах для разведения ракообразных и естественных водоёмах, где ведётся их промысел. В отрасли аквакультуры так же необходим мониторинг микропластика в комбикорме.

Мониторинг микропластика в живых организмах следует проводить не только в самих объектах аквакультуры и рыболовного промысла, но и в видах, которыми они питаются. Зоопланктон – первый уровень в трофической цепи, в котором будет целесообразно проводить мониторинг микропластика. Для мониторинга крупных частиц исследуется ЖКТ организмов.

Предполагается, что значительная часть микропластика в морепродукты и рыбу попадает во время её обработки, а ЖКТ, в свою очередь, перед употреблением удаляется. Из этого следует, что нужно контролировать качество продукции на стадии производства. Наиболее опасной будет упаковка в пищевую пленку, материалом которой служит ПВХ, меньший вред может нести вакуумная упаковка (PET) и лотки (PS,PP).

В качестве стимула для применения предложенных выше средств может служить экологическая сертификация.

В работе было оценено отношение людей к микропластику в морепродуктах. Опрос подтвердил заинтересованность в будущих исследованиях в этом направлении. Частицы крупных размеров могут менять пищевое поведение, более мелкие оказывают воздействие на мозг, клетки крови и генетический материал.

Список использованных источников.

1. Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби / UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi
2. Богачев, А. И. Особенности страхования аквакультуры в России / А. И. Богачев // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: Материалы международной научно-практической конференции молодых учёных, Иркутск, 29–30 марта 2018 года / 2018. – С. 64-70. – EDN XZMKPZ.
3. Жилияков А. П. Теоретические основы продовольственной безопасности России. Значение рыболовства // Вестник Московского университета МВД России. 2010. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-prodovolstvennoy-bezopasnosti-rossii-znachenie-rybolovstva>(дата обращения: 30.04.2023).)
4. Ужахова Лейла Магомедовна, Вакорин Дмитрий Валерьевич Особенности развития рыбопромышленной отрасли России // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-rybopromyshlennoy-otrasli-rossii>(дата обращения: 09.04.2023).
5. Петрова Ньургуйаана Владимировна Место и роль вида экономической деятельности "рыболовство, рыбоводство" в экономике страны // Economics. 2017. №1 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-i-rol-vida-ekonomicheskoy-deyatelnosti-rybolovstvo-rybovodstvo-v-ekonomike-strany>(дата обращения: 09.04.2023).

6. Государственная программа Российской Федерации "Развитие рыбохозяйственного комплекса" с изменениями и дополнениями от 22 июня 2022 г.
7. Федеральный закон "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов" от 20.12.2004 N 166-ФЗ с изм. и доп., вступ. в силу с 30.03.2023
8. Гуцин, А. В. Современное состояние промысловой ихтиофауны южной части Балтийского моря как следствие антропогенного воздействия. Сообщение 1. Вислинский залив / А. В. Гуцин, И. А. Шаврина // Региональная экология. – 2018. – № 2(52). – С. 43-53. – DOI 10.30694/1026-5600-2018-2-43-53. – EDN PFPSVA.
9. Арзамасцев И.С., Раков В.А., Жук А.П., Брыков В.А. Основы аквакультуры: Уч. Пос. / Под ред. И.С. Арзамасцева. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. Ч.1. 63 с.
10. Сытник Н.А. / Учебное пособие ОСНОВЫ МАРИКУЛЬТУРЫ Керчь, 2018 г. 167 с
11. (Нечипорук Т.В., Плиева Т.Х. Перспективы развития прудового рыбоводства в современных экономических условиях // Вестник ОрелГАУ.2016.№1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-prudovogo-rybovodstva-v-sovremennyh-ekonomicheskikh-usloviyah> (дата обращения: 01.05.2023).)
12. Гетманчук А.В. Роль интеграции и кооперации в развитии пастбищной аквакультуры России // Никоновские чтения. 2015.№20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-integratsii-i-kooperatsii-v-razvitiipastbischnoy-akvakultury-rossii>(дата обращения: 01.05.2023
13. (Черникова С.А., Сыромятникова С.В., Сидельцева Л.В. Финансовые инструменты государственной поддержки развития рыбохозяйственного комплекса // Московский экономический журнал.

2023. № 4. URL: <https://qje.su/otraslevaya-i-regionalnaya-ekonomika/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-4-2023-12>)

14. Рыбоводство Ленинградской области / Е. Д. Шинкаревич // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения : Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях, Санкт-Петербург, 26–28 января 2017 года. Том Часть I. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2017. – С. 260-263. – EDN YKKAOL.

15. Комитет по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области - <https://agroprom.lenobl.ru/ru/okomitete/napravleniya-deyatelnosti/rybohozyajstvennyj-kompleks/>

16. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made // Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. – Sci. Advances. – 2017. – V. 3. № 7. – p. 5

17. Суворова Анастасия Александровна МИКРОПЛАСТИК В ОКЕАНЕ: ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ И АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ // Экология гидросферы. 2021. №1 (6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikroplastik-v-okeane-obzor-problemy-i-aktualnye-napravleniya-issledovaniy>(дата обращения: 30.04.2023.)

18. Микропластик в морской среде : монография / И.П. Чубаренко, Е.Е. Есюкова, Л.И. Хатмуллина, О.И. Лобчук, И.А. Исаченко, Т.В. Буканова. Москва : Научный мир, 2021. – 520 с

19. Мониторинг морского мусора на пляжах и в водной толще российской части Финского залива А.А. Ершова, Т.Р. Ерёмина Материалы I Всероссийской конференции с международным М34 участием по

загрязнению окружающей среды микропластиком «MicroPlasticsEnvironment-2022» (МРЕ-2022), 02–06 августа 2022 г., п. Шира, Хакасия / общ. ред. Ю.А. Франк. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2022. – 132 с.)

20. П. А. Балыкин Водные биоресурсы арктических морей и перспективы их использования // Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». / 2020.№XI. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodnye-bioresursy-arkticheskikh-morey-i-perspektivy-ih-ispolzovaniya>(дата обращения: 23.05.2023)

21. Микропластиковое загрязнение морской среды Баренцева и Карского морей в 2019 г. А. А. Ершова, Т. Р. Ерёмкина Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. Гидрометеорология и экология 2022 №69 Научно-теоретический журнал. — Санкт-Петербург: РГГМУ. — 172 с.

22. R. Russell, Huang J., Anand P., Kucera K., G. Sandoval A., W. Dantzler K., Hickmn D., Jee J., M. Kimovec F., Koppstein D., H. Marks D., A. Mittermiller P., JoelNúñez S., Santiago M., A. Townes M., Vishnevetsky M., Neely E., NúñezVargas M., Boulanger L., Bascom-Slack C., A. Strobel S. BiodegradationofPolyesterPolyurethanebyEndophyticFungi // ApplEnvironMicrobiol. – 2011 – № 77. Doi: 10.1128/AEM.00521-11

23. Journal of Invertebrate Pathology 103 (2010) S96–S119 Biology and control of Varroa destructor Peter Rosenkranz, Pia Aumeier, Bettina Ziegelmann

24. Постнов Виктор Николаевич, Наумышева Елена Борисовна, Королев Дмитрий Владимирович, Галагудза Михаил Михайлович Наноразмерные носители для доставки лекарственных препаратов // Биотехносфера. 2013.

- №6 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanorazmernye-nositeli-dlya-dostavki-lekarstvennyh-preparatov> (дата обращения: 30.04.2023).
25. Besseling E., J.T.K. Quik, M.Sun, A.A. Koelmans. Fate of nano- and microplastic in freshwater systems: A modeling study. // *Environmental Pollution*, 220 (2017), 540-548.
26. Козловский, Н. В. Микропластик – МАКРОПРОБЛЕМА мирового океана / Н. В. Козловский, Я. Ю. Блиновская // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2015. – № 10-1. – С. 159-162. – EDNUHNBIZ.
27. Пластиковое загрязнение Мирового океана. Учебное пособие / А.А. Ершова, Т.Р. Ерёмина. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2022. – 170 с.
28. Зобков М.Б., Есюкова Е.Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // *Океанология*. 2017. Т. 58. № 1. С. 149-157.
29. Методы отбора и фиксации проб пресноводного макрозообентоса для детекции микропластика. // Н.В. Холмогорова, Г.М. Чуйко. Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком «MicroPlastics Environment-2022» (МРЕ-2022), 02–06 августа 2022 г., п. Шира, Хакасия / общ. ред. Ю.А. Франк. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2022. – 132 с
30. Pittura, Lucia et al. “Microplastics as Vehicles of Environmental PAHs to Marine Organisms: Combined Chemical and Physical Hazards to the Mediterranean Mussels, *Mytilus galloprovincialis*.” *Frontiers in Marine Science* 5 (2018)
31. Stanley Iheanacho, Miracle Ogbu, Md Simul Bhuyan, Johnny Ogunji, Microplastic pollution: An emerging contaminant in aquaculture, *Aquaculture and Fisheries*, Volume 8, Issue 6, 2023, Pages 603-616

32. Teng, J., Wang, Q., Ran, W., Wu, D., Liu, Y., Sun, S., Liu, H., Cao, R., & Zhao, J. (2019). Microplastic in culture doysters from different coastal areas of China. *The Science of the Total Environment*, 653, 1282
33. Alysse Mathalon, Paul Hill, Microplastic fibers in the intertidal ecosystems surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 81, Issue 1, 2014, Pages 69-79, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.018>.
34. Vandermeersch G, VanCauwenberghe L, Janssen CR, Marques A, Granby K, Fait G, Kotterman MJ, Diogène J, Bekaert K, Robbens J, Devriese L. A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environ Res*. 2015 Nov;143(Pt B):46-55. doi: 10.1016/j.envres.2015.07.016. Epub 2015 Aug 3. PMID: 26249746.
35. Environmental Pollution Volume 177, June 2013, Pages 1-3 Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.) (Paul Farrell, Kathryn Nelson)
36. Fiona Murray, Phillip Rhys Cowie, Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758), *Marine Pollution Bulletin* Volume 62, Issue 6, 2011, Pages 1207-1217
37. Erin R. Graham, Joseph T. Thompson, Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Volume 368, Issue 1, 2009, Pages 22-29
38. Stanley Iheanacho, Miracle Ogbu, Md Simul Bhuyan, Johnny Ogunji, Microplastic pollution: An emerging contaminant in aquaculture, *Aquaculture and Fisheries*, Volume 8, Issue 6, 2023, Pages 603-616
39. Отчетные материалы по научно-исследовательской работе: «Развитие аквакультуры в Ленинградской области и подготовка кадров для

рыбохозяйственной отрасли» Авторы: Ершова А.А., Шилин М.Б. 2019,
РГГМУ.