

Государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного
образования Республики Карелия «Ресурсный центр развития
дополнительного образования»
Республика Карелия
г. Петрозаводск
Объединение «Aviarius»

**Загрязнение микропластиком водоёмов
в окрестностях деревни Салменица**

Работу выполнила
Соколова Виктория Евгеньевна
Ученица 7 а класса
МОУ «Школа №34»
Руководитель:
Соколова Светлана Викторовна
педагог доп. образования
ГБОУ ДО РК РЦРДО Ровесник

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Литературный обзор.....	4
1.1. Обзор методик определения микропластика в окружающей среде	4
1.2. Рекомендации по исследованию микропластика для школьников	6
Глава 2. Основная часть	6
2.1. Описание мест исследования	6
2.2. Консультация со специалистом.....	7
2.3. Материалы и методика	8
2.4. Результаты.....	9
Выводы	11
Заключение	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
Приложение 1	15
Приложение 2	16

Введение

Идея заняться поиском и изучением микропластика в водоемах зародилась в тот момент, когда в микропрепарате с илом из речки, который рассматривался с целью обнаружить микроорганизмы – простейших, водоросли, обнаружились странные ярко окрашенные волокна явно искусственного происхождения. Когда стали искать варианты, что это может быть, натолкнулись на статьи в сети Интернет, посвященные микропластику.

Первые сообщения об обнаружении микропластика при отборе проб планктона относятся к началу 70 годов прошлого века [5, 6], но только сейчас проблема микропластика начала активно обсуждаться учеными, появились публикации сначала в зарубежной научной литературе, а теперь и в российской [2, 4, 9, 10, 12, 18]. Сам термин «микропластик» появился в 2004 году [21]. В окружающую среду микропластик попадает в основном благодаря разрушению пластикового мусора под воздействием факторов окружающей среды, то есть проблема микропластика напрямую взаимосвязана с проблемой переработки и утилизации пластикового мусора.

Пластик – это один из самых востребованных материалов практически во всех областях промышленности. За год во всем мире выпускается около 300 миллионов тонн пластика [13], а в переработку поступает гораздо меньше. Большая часть пластика попадает на свалки, в том числе несанкционированные. Под воздействием природных факторов (ветер, вода, солнце, температура) пластиковые изделия постепенно разрушаются, становясь просто пластиковыми частицами разного размера. Выделяют макро-, микро- и наночастицы пластика. Последние две группы являются наиболее опасными для окружающей среды. Плотность пластиков близка к плотности воды, поэтому синтетический мусор легко смывается в близлежащие реки и озера, а из них поступают в моря [4]. Опасность пластиковых частиц заключается в том, что многие живые организмы воспринимают их как пищу [3, 4]. Поскольку пластик не разлагается их ферментативной системой, проглатывание пластика может иметь опасные последствия вплоть до гибели от истощения [8]. Помимо этого, ученые выражают беспокойство в связи со способностью пластика адсорбировать на своей поверхности многие загрязняющие вещества [17], становясь тем самым их вторичным источником. Загрязняющие вещества, продвигаясь вверх по пищевой цепи, могут концентрироваться как в высших хищниках, так и в организме человека [12]. Все вышеизложенное доказывает актуальность изучения проблемы микропластика в окружающей среде.

Цель работы: выявление частиц микропластика в некоторых водоёмах и участках крупных водоёмов, в различной степени подверженных антропогенной нагрузке.

Задачи:

1. Подобрать наиболее подходящую методику исследования.
2. Оценить степень замусоренности пластиковыми отходами прилежащих к изучаемым водоёмам территорий.
3. Провести оценку наличия микропластика.

Глава 1. Литературный обзор.

1.1. Обзор методик определения микропластика в окружающей среде

В настоящее время еще окончательно не сформировано определение, какого размера частицы относить к микропластику, но большинство ученых [11] сходятся в том, что это частицы размером от 0,5 до 5 мм по наибольшему измерению. Более 5 мм, соответственно относят к макропластику, а менее 0,5 мм – к нанопластику.

Загрязнение микромусором окружающей среды относительно новое направление экологических исследований, поэтому литературы еще не так много, и та в основном на английском языке [1].

Под выявлением последствий загрязнения водной системы микромусором предполагается оценка общего уровня загрязнения микромусором водоема. Основной сложностью при проведении количественных оценок такого загрязнения является отсутствие стандартизированных методик отбора и анализа проб воды, донных и береговых отложений. Для отбора проб на содержание пластиковых частиц различных размерных групп требуются разные типы оборудования [20; 15] и применение различных аналитических методов в лаборатории [11].

Для повышения эффективности мониторинговых программ необходимо помнить, что выбор подходящего способа отбора и идентификации микропластика имеет решающее значение для оценки данного вида загрязнения [19]. При планировании мониторинговых исследований важно по возможности придерживаться наиболее жестких требований к отбору, подготовке и анализу проб, с сохранением максимального количества информации, которая оставляет возможность сравнения результатов, полученных разными исследовательскими группами, для оценки величины проблемы в общемировом масштабе. При разработке новых методических подходов нужно помнить, что пластики являются промышленными материалами, методы диагностики которых уже широко известны. Эти методы с некоторыми изменениями могут быть усовершенствованы и реализованы для анализа микропластика.

Отбор проб микропластика в водной среде может производиться: (1) из поверхностного слоя, (2) из водного столба, (3) путем сбора донных отложений либо (4) береговых наносов.

Пробы с поверхности воды осуществляется до глубины 15-25 см. Сбор производится в основном нейстонными сетями. Такие сети позволяют профильтровать большой объем воды, провести отбор с большой площади поверхности воды, отбирать частицы микропластика размером от 1 мм. При использовании сетей с разным размером ячеей затрудняет сравнение результатов разных исследований.

Для сбора проб из водного столба в основном используются сети для зоопланктона [21] или лучевой трал для сбора бентосных организмов [14].

Отбор проб береговых наносов можно проводить в различных зонах пляжа со всей площади или из нескольких отдельных зон, а также в зоне заплеска и в канавах позади пляжа. Сбор проводится с помощью пинцета, ложки или

совка. Собирают материал можно с поверхности песка, двигаясь вдоль пляжа по всей его длине. Или проба собирается с пробной площадки, в таком случае поиск обычно проводится в пределах 5 см глубины грунта.

Как известно, пластиковые частицы легче воды, однако они со временем обрастают микроводорослями и бактериями и в итоге опускаются на дно водоема. Для сбора таких «утонувших» частиц берут пробы донных отложений с помощью дночерпателей, донного трала или стратометра. Поскольку микропластик находится в среде в виде отдельных частиц, его распределение в донных отложениях может быть сильно неравномерным. Поэтому обычно выполняется несколько заборов грунта для формирования одной пробы.

Визуальное исследование невооруженным глазом или с использованием микроскопа – это первый шаг при отделении пластика от органических остатков и других непластиковых элементов. Пластик обычно определяется по блеску, яркости или необычному цвету, форме, структуре, эластичности или твердости, определяемые с помощью пинцета.

Частицы микропластика размером более 1 мм под микроскопом могут быть визуально отделены в соответствии со следующими правилами [16]:

- 1) Клеточная структура и другие органические формы у частиц отсутствуют.
- 2) Волокна должны иметь равномерную окраску и толщину по всей длине.
- 3) Частицы должны иметь чистый и равномерный цвет.
- 4) Если они прозрачны или имеют белый цвет, то их необходимо рассматривать под большим увеличением с использованием флуоресцентного микроскопа.

Цвет – это одна из важнейших примет пластика при визуальной идентификации. Наиболее часто встречающимся цветом является белый или близкий к нему. Однако в ряде случаев предлагается не учитывать частицы белой, прозрачной и черной окраски, поскольку они похожи на биологический или непластиковый материал. Это безусловно занижает конечный результат.

Частицы микропластика различаются по форме, которая может быть сферической, неправильной, или же они могут представлять собой длинные волокна. Форма частиц зависит от степени разрушения и от времени нахождения в окружающей среде.

Для количественного и качественного определения пластика в пробах, требуется провести предварительную подготовку: плотностное разделение, фильтрацию, просеивание, очистку – для отделения частиц микропластика от воды, донных отложений или песка, а также органического загрязнения.

Плотность большинства пластиков меньше плотности песка и других отложений [8], что позволяет отделить пластик, поместив пробу в насыщенный солевой раствор. Всплывшие на поверхность частицы собираются для дальнейшей обработки с помощью фильтрования. Для этого используют стекловолоконные, поликарбонатные мембранные, бумажные, нитроцеллюлозные, а также специально разработанные для применения в

ИК-Фурье спектроскопии кремниевые фильтры. Размер пор варьируется от 1 до 1.6 мкм.

Для разделения более крупных частиц микропластика на разные размерные группы, его просеивают через каскад из нескольких сит.

Фильтры и просеянный материал высушивают при комнатной температуре.

Частицы пластика могут обрастать водорослями и бактериальной пленкой, что мешает его идентификации. Для устранения влияния биоматериала проводят его растворение в щелочах, кислотах, окислителях либо разложение с помощью ферментов.

Определение химического состава микропластика и типа полимера используются такие аналитические методики, как пиролизная ГХ–МС, Рамановская спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия и некоторые её разновидности, ИК-Фурье спектроскопия.

1.2. Рекомендации по исследованию микропластика для школьников

Для школьных работ предлагается упрощенная методика по сбору проб на содержание микропластика с помощью фильтровальной установки [1].

Согласно этой методике, при проведении исследования необходимо:

1. Зафиксировать следующие моменты: дату отбора пробы, погодные условия, местоположение пробы (желательно сделать отметку GPS-координат).

2. Описать местность: течение, характер дна, наличие растений в воде, цвет воды, наличие следов активности человека (пляж, лодки, рыбацкие стоянки, мусор и прочее), по возможности выяснить наличие осадков и их мощность в течение суток до отбора пробы. Проба собирается на глубине от 0,5 метра, не взмучивая грунт. Вода набирается в ведро с известным объемом и тут же пропускается через фильтр. Если в фильтровальной установке установлен фильтр с крупной ячейкой, то фильтрование продолжать до суммарного объема профильтрованной воды 100-200 л или более. Если используется фильтр с меньшей ячейкой, то фильтрование продолжается до тех пор, пока вода проходит через фильтр. Во время фильтрования необходимо учитывать количество профильтрованной воды.

Проба для определения содержания микромусора представляет собой все частицы, оставшиеся на фильтрующей основе. Проба должна быть обработана в ближайшие 2-4 дня. Для обработки пробы содержимое банки перенести в чашку Петри, предварительно расчертив дно чашки с внешней стороны на квадраты. Внимательно рассматривать под микроскопом содержимое в чашке. При обнаружении частичек микромусора – ярко окрашенные волокна или песчинки, их необходимо сфотографировать и складывать в пенициллиновые флакончики – для каждой пробы свой. Далее автор предлагает передать выявленный пластик кураторам для дальнейшей с ним работы.

Глава 2. Основная часть

2.1. Описание мест исследования

Исследование проводилось в окрестностях деревни Салменицы, Пряжинский район в период с мая по август.

Были исследованы деревенский пляж, Светлая ламба, Малая ламба, оз. Шотозеро в начале пляжа (за пределами дачного поселения), в конце пляжа и у истока Шуи (непосредственно в поселении) (Приложение №1).

Пляж д. Салменица - центральный пляж деревни на озера Шотозеро. Длина около 300 метров, ширина летом в среднем 10 метров, весной бывает полностью залит водой. К пляжу примыкают дачные участки, хозяева которых следят за чистотой на пляже.

На дальнем конце пляжа организовано место для костра – популярное место сбора местных дачников. С другой стороны пляжа местные дачники держат лодки и катера, пользуются местностью в хозяйственных целях.

Светлая ламба – небольшое озеро площадью около 1 км². Равноудалено от деревень Нижняя Салма и Салменица - примерно в 3 км от обоих населенных пунктов. Находится примерно в 100 метрах справа от дороги в сторону Савиново. Вода светлая, прозрачная, имеет явный зеленоватый оттенок. Берег местами заболочен, зарос сфагнумом. Но в основном берег зарос лесом – ельник черничный с включениями осины и березы. Популярное место отдыха и рыбалки у населения. Есть два кострища, на одном из них оборудована стоянка, накрытая полиэтиленом (Приложение №2).

Малая ламба – маленькое озерцо размером менее 1 км², ограниченное болотцем с одной стороны и склоном Шотогоры с другой. Находится в лесу, граничащим с въездом в деревню, примерно в 300 метрах от дороги. Вода светлая, с явным зеленоватым оттенком. Берега заболочены, заросли различными растениями, в основном мхом и вахтой трехлистной. Не известно, насколько часто посещается рыбаками. Ни разу за лето не наблюдались стоянки, кострищ не обнаружено. Есть тропинка вдоль озера.

Озеро Шотозеро площадью 74,04 км² [23]. Вода коричневого оттенка. В месте сбора проб заканчивается общественный пляж, который упирается в мыс. Берег полностью покрыт камнями.

Озеро Шотозеро – устье Шуи. Шуя – одна из крупнейших рек Карелии. Река бассейна Онежского озера на юге Карелии. Протекает по территории Суоярвского, Пряжинского и Прионежского районов Карелии. Длина — 194 км. Вытекает из озера Суоярви. Протекая через два крупных озера: Шотозеро и Вагатозеро, впадает в Логмозеро [22]. Популярная у туристов река. Цвет воды – темно-коричневый. В устье песчаное дно переходит в глинистые берега, дно илистое. В основном мелко, много растительности – у самого берега осока, в воде кувшинки, остролист. Почти к самому берегу подходят дачные участки с огородами и банями, на берегу держат лодки и катера.

2.2. Консультация со специалистом

Прежде, чем принять решение о том, какие именно методики будут применены в исследовании, мы посетили лабораторию гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем севера КарНЦ РАН и проконсультировались с заведующим лабораторией Зобковым Михаилом Борисовичем.

Михаил Борисович рассказал, что материал по микропластику наши ученые собирают с помощью специальных фильтров с известным объемом. Фильтры на определенное время погружают в поверхностные воды исследуемого водоема с корабля и в зависимости от задач буксируют определенное время. Объем выборки рассчитывают исходя из объема фильтра и времени его работы.

Фильтр снабжен системой слива, с помощью которой излишки воды сливаются. В итоге получается концентрированная проба, в которой присутствуют планктонные организмы, органические вещества, пластик и прочие включения.

В зависимости от размера ячеей фильтра, производится сбор частиц строго определенного размерного диапазона. Частицы, по размеру меньшие, чем размер ячеей, а также часть волокон, не попадают в пробу, поэтому итоговый результат все равно получается не вполне достоверный, но позволяющий сделать оценку ситуации с содержанием микропластика в исследуемом водоеме.

Далее проводится лабораторная обработка проб – фильтрация, просушивание фильтров, химическая обработка проб при постоянной температуре 70°C для устранения органической составляющей. После этого уже проводится спектрометрический анализ полученного материала.

В данный период в лаборатории изучают способность пластика адсорбировать различные токсины. Это свойство делает частицы микропластика особо опасными вторичными источниками загрязнения окружающей среды.

Для исследовательской работы Михаил Борисович предложил обратить внимание на количественную оценку микропластика, содержащегося в песке на общественных пляжах.

В итоге посещения лаборатории был сделан вывод, что на данном этапе самый доступный способ изучения микропластика в окружающей среде для нас – это визуальный.

2.3. Материалы и методика

Оборудование: фотоаппарат, совок, сито с размером ячеей 1мм², рамка размером 1 м², пинцет, блокнот для записей, бутылки пластиковые прозрачные объёмом 1 л, микроскоп, пипетки, предметные и покровные стёкла.

Исследование водоёмов проводилось в два этапа:

1. Обход берегов водоёмов с целью поиска пластикового макроусора.
2. Сбор проб воды из придонного слоя с осадком – по три пробы объёмом 1 литр. Ждали, пока осадок опустится на дно сосуда, после чего его рассматривали под микроскопом. Было изготовлено по 10 микропрепаратов с каждой пробы. Всего было рассмотрено 150 микропрепаратов. Согласно рекомендациям [2, 16], обращали внимание на частицы без видимой клеточной структуры, равномерно окрашенные. В связи с малым размером частиц (частицы и волокна менее 1 мм), в расчет брались только ярко окрашенные, поскольку темные и бесцветные частицы могли быть не пластиковыми. Вполне возможно, обнаруженные частицы относятся к размерной категории

нанопластика, но на используемом микроскопе нет возможности измерить длину обнаруженных волокон, поэтому будем все-таки называть все найденные частицы микропластиком.

Конечно, достоверный количественный анализ таким образом провести невозможно, но для нашей цели– выявление частиц микропластика в водоеме, использование этой методики вполне оправдано.

Пляж исследовался отдельно. Трижды за летний период (май, начало июля и август) делался обход пляжа, визуально отмечали и подсчитывали пластиковый мусор. Отдельно рассматривали зону заплеска.

Кроме того, в трех заранее определенных точках на пробной площадке исследовали песок на глубину около 5 см. Песок просеивали через мелкоячеистое сито.

2.4. Результаты

Подсчет макромусора на пляже показал неравномерность его распределения. Можно выделить основные виды мусора: большую часть составили фильтры от сигарет, было найдено много игрушек, встречались пакетики и бутылки (Таблица 1).

Большая часть фильтров обнаружена около оборудованного кострища, хотя вдоль пляжа, в местах, наиболее любимых отдыхающими, их тоже хватало. В зоне заплеска не было найдено ни одного фильтра, зато большинство игрушек находились именно тут.

Таблица 1.

Пластиковый мусор, обнаруженный на пляже за летний сезон

Вид мусора	Май		Начало июля		Август	
	Пляж	Зона заплеска	Пляж	Зона заплеска	Пляж	Зона заплеска
Фильтры сигарет	21	0	84	0	122	1
Пакетики	0	0	3	0	4	0
Бутылки	0	0	2	0	1	0
Одноразовая посуда	0	0	2	0	1	0
Игрушки	1	0	7	4	3	2
Фантики	0	0	3	0	4	0
ИТОГО	21		105		138	

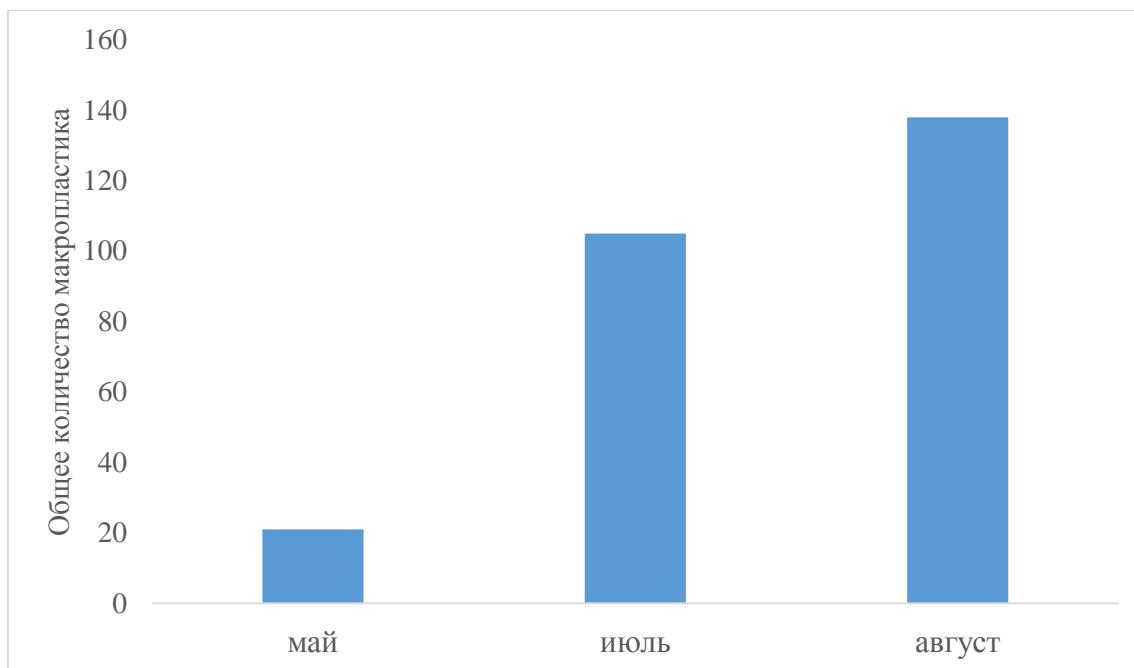


Рис. 1. Количество обнаруженного макропластика на пляже по месяцам

Хорошо видно, что пляж активно посещается и количество мусора за лето возрастает.

Попытка просеять песок ни на одной из пробных площадок, ни в один из месяцев не дала результатов в виде найденных частиц микропластика. Попадались мелкие камешки, кусочки прошлогоднего тростника и все. На самом деле – это хороший результат и говорит о надлежащем уходе за пляжем со стороны местных дачников.

Обход водоемов показал, что пластиковый (и прочий) мусор присутствует везде. Наиболее замусоренными оказались популярные места отдыха и рыбалки – Светлая ламба и стоянка на Шуе. Кроме пластика, было много жестяного мусора, бумаги, стекла.

Около Малой ламбы обнаружена единственная пластиковая бутылка (Приложение 2).

В устье Шуи обнаружены пробки, обрывки сетей, леска, бутылки. В начале пляжа на камнях мусор тоже встречался, возможно, его занесло течением реки. В конце пляжа мусора было много – старые бутылки, крышки, обрывки сетей и тому подобное (Приложение 2).

Изучение проб придонного осадка показало, что микропластик присутствует в каждом из обследованных водоёмов, но в разном количестве (Таблица 2). Наибольшее количество разнообразных волокон обнаружилось в Светлой ламбе – от 5 до 23 волокон в каждом микропрепарате. На остальных участках волокон было гораздо меньше. Большая часть волокон была прозрачной, а значит идентифицировать в них пластик с полной уверенностью нельзя. Цветных волокон – голубого, зеленого, розового цветов, было не много (Приложение 2).

Наличие микропластика в пробах воды

Водоём	Наличие макропластика около водоема	Количество рассмотренных микропрепаратов	Количество волокон в среднем на пробу	Количество цветных волокон
Шотозеро – начало пляжа	Есть, единицы	30	2,3	1
Шотозеро – конец пляжа	Много	30	2,5	1
Устье Шуи	Много	30	2,4	2
Светлая ламба	Много	30	27	29
Малая ламба	Есть - единственный	30	1,5	3

Такой неравноценный результат получился, вероятнее всего в силу двух причин – Малая ламба редко посещается и на ней практически не ведется какая-либо деятельность, а на Шотозеро и Шуе, вероятно, первоочередную роль играет течение – оно сносит легкие пластиковые волокна до того, как они успеют обрасти организмами и осесть на дно. Зато на Светлой ламбе и течения нет, и оно же популярное место посещения людьми – тут купаются, рыбачат, отдыхают.

Однако же даже на Малой ламбе были обнаружены цветные волокна голубовато-зеленого цвета, а значит – пластиковые. Впору задать вопрос – каким образом микропластик попадает в столь удаленные от населенных пунктов и малопосещаемые водоёмы. Ответ на этот вопрос дают ученые – микропластик легко переносится с воздушными массами. Это предположение можно подтвердить, изучив пыль, оседающую на поверхностях.

Были взяты пробы пыли со шкафов в учебном кабинете. В каждой из проб были обнаружены цветные волокна микропластика (Приложение 2). Предположение подтвердилось.

Выводы

1. На данном этапе наиболее доступной методикой изучения микропластика без помощи научной лаборатории оказался визуальный поиск.

2. К сожалению, места, популярные у местных жителей и приезжих отдыхающих, сильно замусорены и не только пластиковыми отходами, но и другими. Исключение – пляж, который усилиями местных дачников содержится в более-менее чистом виде.

3. С полной уверенностью микропластик идентифицирован на всех обследованных участках. В ламбах, особенно в Светлой, его было больше, вероятно, в связи с отсутствием течения, которое на реке уносит частицы микропластика далее к Онежскому озеру.

Заключение

Проблема микропластика – это новое направление экологических исследований. Не существует единых общепринятых методик исследований, пластик – это очень широкое понятие. Существуют разнообразнейшие материалы, которые подходят под это определение. Эти материалы отличаются друг от друга как химической формулой, так и физическими свойствами и требуют разных методов сбора, обработки и анализа. Ученым только предстоит научиться получать соотносимые между собой результаты.

Что касается представленной работы, материал собирался на территории дачи, относительно чистой, удаленной от крупных населенных пунктов. Хотелось бы получить данные в местах более людных, подверженных большей антропогенной нагрузке, например, на пляже Пески Онежского озера или в Лососином.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верес Ю. К. РУКОВОДСТВО ПО ОБЩЕСТВЕННОМУ МОНИТОРИНГУ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ// Белорусский государственный университет / Разработка и печать руководства осуществлены в рамках проекта Plastic Free Baltic», осуществляемого Коалицией чистая Балтика и Центром экологических решений при поддержке Swedish Postcode Foundation, Nordic Council of Ministers, EU Life. ECOIDEA.BY ССВ.SE, 13 с.
2. Зобков М. Б., Есюкова Е. Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов //Океанология, 2018, том 58, №1, с. 149-157
2. Aloy A.B., Vallejo B.M. Jr., Juinio-Meñez M.A. Increased plastic litter cover affects the foraging activity of the sandy intertidal gastropod *Nassarius pullus* // Mar. Pollut. Bull. 2011. V. 62. P. 1772–1779.
3. Boerger C.M., Lattin G.L., Moore S.L., Moore C.J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre // Mar. Pollut. Bull. 2010. V. 60. P. 2275–2278.
4. Browne M.A., Crump P., Niven S.J. et al. Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks // Environ. Sci. Technol. 2011. V. 45. P. 9175–9179.
5. Carpenter E.J., Anderson S.J., Harvey G.R. et al. Polystyrene spherules in coastal waters // Science. 1972. V. 17. P. 749–750.
6. Carpenter E.J., Smith K.L. Plastics on the Sargasso Sea surface // Science. 1972. V. 175. P. 1240–1241.
7. Chubarenko I., Bagaiev A., Zobkov M., Esiukova E. On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment // Mar. Pollut. Bull. 2016. V. 108. P. 105–112.
8. Cole M., Webb H., Lindeque P.K. et al. Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms // Sci. Rep. 2014. V. 4. № 4528. DOI: 10.1038/srep04528.
9. Depledge M.H., Galgani F., Panti C. et al. Plastic litter in the sea // Mar. Environ. Res. 2013. V. 92. P. 279–281. 11
10. Fendall L.S., Sewell M.A. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastic in facial cleansers // Mar. Pollut. Bull. 2009. V. 58. P. 1228–1255.
11. Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification // Environ. Sci. Technol. 2012. V. 46. P. 3060–3075. 20
12. Ivar do Sul J.A., Costa M.F. The present and future of microplastic pollution in the marine environment // Environmental Pollution. 2014. V. 185. P. 352–364.
13. Jambeck J.R., Geyer R., Wilcox C. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean // Science. 2015. V. 347 (6223). P. 768–771. DOI: 10.1126/science.1260352.
14. Lattin G.L., Moore C.J., Zellers A.F. et al. A comparison of neustonic

plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore // *Mar. Pollut. Bull.* 2004. V. 49. P. 291–294.

15. Masura J., Baker J., Foster G., Arthur C. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in watersand sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48. 2015. 31 p.

16. Norén F. Small plastic particles in Coastal Swedish waters. KIMO report. 2007. 11 p.

17. Rios L.M., Jones P.R., Moore C., Narayan U.V. Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre’s “eastern garbage patch” // *J. Environ. Monit.* 2010. V. 12. P. 2226–2236.

18. Rochman C.M., Browne M.A., Halpern B.S. et al. Policy: classify plastic waste as hazardous // *Nature*. 2013. V. 494. P. 169–171.

19. Song Y.K., Hong S.H., Jang M. et al. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastic in environmental samples // *Mar. Pollut. Bull.* 2015. V. 93(1–2). P. 202–209.

20. Song Y.K., Hong S.H., Jang M. et al. Large accumulation of micro-sized synthetic polymer particles in the sea surface microlayer // *Environ. Sci. Technol.* 2014. V. 48. P. 9014–9021.

21. Thompson R.C., Olsen Y., Mitchell R.P. et al. Lost at sea: where is all the plastic? // *Science*. 2004. V. 304. P. 838.

Интернет-источники:

22. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Шуя>

23. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Шотозеро>

Карта мест исследования



Масштаб - 1см:300м

Пляж



Дальняя часть пляжа



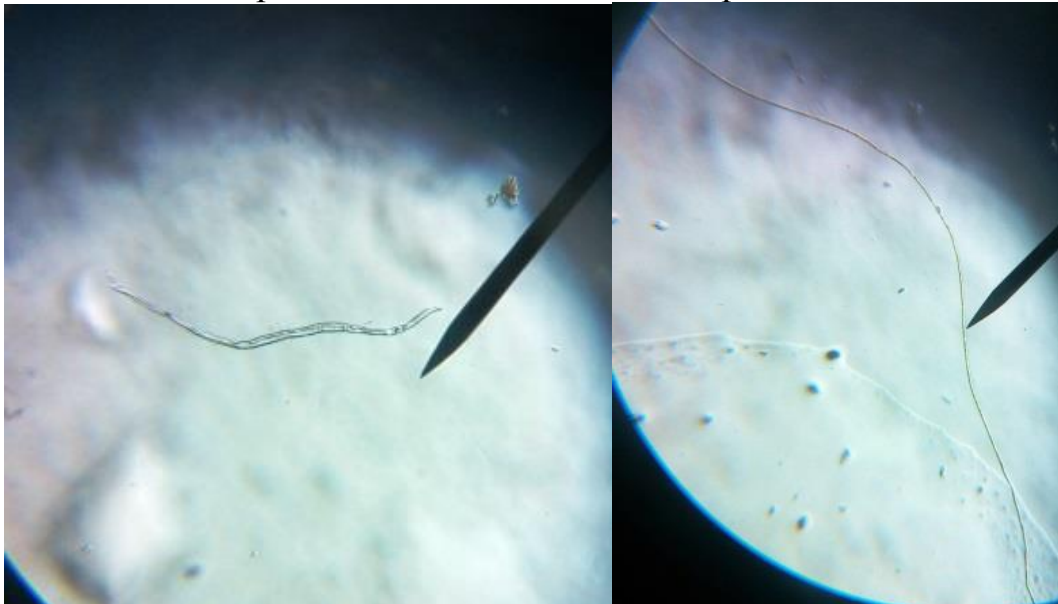
Проба донного осадка под микроскопом



Ближняя часть пляжа



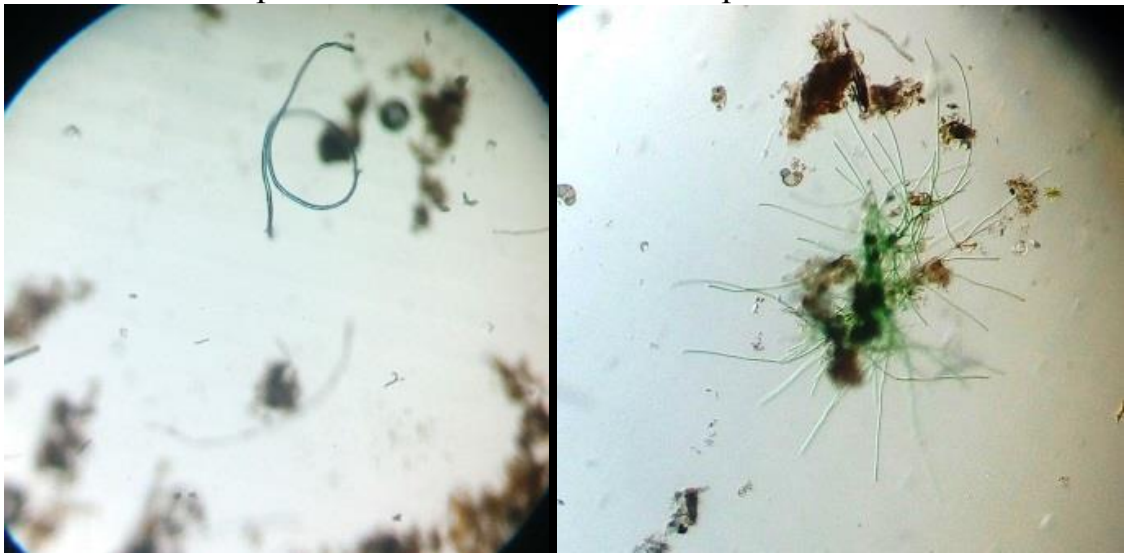
Проба донного осадка под микроскопом



Светлая ламба



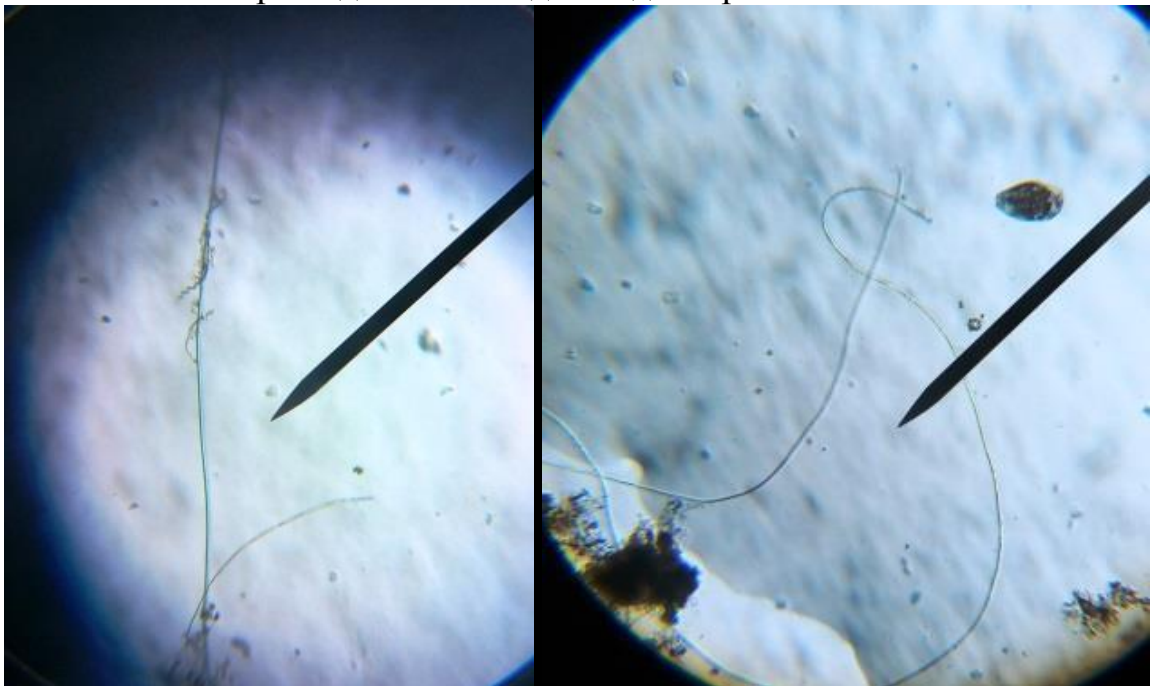
Проба донного осадка под микроскопом



Малая ламба



Проба донного осадка под микроскопом



Исток Шуи



Проба донного осадка под микроскопом



Пыль под микроскопом

