

Российский национальный юниорский водный конкурс

Проект:

«Апробация методики по определению частиц микропластика»

Автор:

Максименко Надежда,  
11 класс, ГБОУ СОШ №225  
ЧОУ ОиДО «ЛНМО», БиоТоп

Руководитель:

Кокорева Александра Владимировна,  
педагог дополнительного образования  
ЭБЦ «Крестовский остров»

Санкт-Петербург

2017 год

## **Аннотация проекта**

В Балтийское море попадает огромное количество пластиковых отходов, большую часть из которых составляют мелкие полимерные частицы размером менее 5 мм — микропластик (по данным HELCOM). В Швеции, Финляндии, Германии и других странах Евросоюза уже несколько лет активно изучают и обсуждают данную проблему. В Санкт-Петербурге — одном из крупнейших портов Балтийского моря, до сих пор проблема загрязнения водоемов микропластиком не освещена должным образом. Это связано с недостатком исследований и отсутствием доступной общепринятой методики определения частиц микропластика в природной воде.

Цель проекта заключается в том, чтобы апробировать одну из упрощенных вариаций методики отбора и анализа проб воды на содержание микропластика, и дать рекомендации по ее использованию для общественного мониторинга микропластика в водоемах Санкт-Петербурга.

Одним из основных источников загрязнения микропластиком считаются косметические средства, поэтому на первом этапе работы мы анализировали содержание и особенности полимерных пластиковых частиц в косметике. Мы обнаружили, что некоторые виды микропластика из косметики хорошо растворимы в воде и не образуют твердых частиц, поэтому общественной организации «Друзья Балтики», составившей список «опасной» косметики, было предложено его скорректировать, исключив растворимые полимеры.

На втором этапе анализировали воду на двух участках реки Охты. Отбор проб проводили совместно с командой из Института озёроведения РАН по методике, составленной на основе работ шведского исследователя Роберта Ёнссона. Пробы отбирались с помощью фильтровальных установок из двух труб с закрепленным между ними сетчатым фильтром. После пробоотбора мы просматривали фильтры под микроскопом и идентифицировали микропластик, сверяясь с описанием и картинками руководства «Guide to Microplastic Identification» (США). В пробах воды не были обнаружены гранулы микропластика, которые используются в косметике. Большая часть найденных пластиковых частиц представляла собой нити различного цвета.

По результатам использования предложенной методики был разработан ряд указаний и комментариев по ее улучшению. Эти рекомендации будут использованы общественной организацией «Друзья Балтики» при организации массового школьного мониторинга содержания микропластика в водоемах Санкт-Петербурга, который планируется запустить весной 2018 года.

## Введение

Данная работа посвящена апробации методики по выявлению частиц микропластика в природных водоемах.

Микропластиком принято обозначать частицы синтетических полимеров, не превышающих размером 5 мм. Эти частицы используются в косметике (к примеру, в качестве отшелушивателя), а также могут образовываться при распаде крупных пластиковых отходов и при стирке синтетических предметов одежды. При попадании в водоемы (как прямым путем, так и через канализацию и ливневые стоки) эти микрочастицы ведут себя как сорбент, притягивая накапливая на себе токсины и загрязняющие вещества. Далее они проходят по всему пути пищевой цепи: сначала попадают в организм фильтратора, затем в крупную рыбу и в том числе могут попадать в организм человека, в следствие чего происходит накопление токсинов, что составляет экологический риск. В частности, в Балтийское море попадает огромное количество микропластика (по данным HELCOM). Несмотря на то, что в прибалтийских странах Евросоюза уже несколько лет активно изучают и обсуждают данную проблему, область изучения микромусора в окружающей среде все еще находится на начальной стадии развития: и методы отбора проб и анализа пока еще не согласованы. Все различные методы имеют свои преимущества и рекомендовать какой-то конкретный метод, кажется преждевременным в настоящее время (Роберт Ёнссон, WRS AB, 2017). И в Санкт-Петербурге - одном из крупнейших портов Балтийского моря, до сих пор проблема загрязнения водоемов микропластиком не освещена достойным образом. Это связано с недостатком исследований и отсутствием доступной общепринятой методики определения частиц микропластика в природной воде, что составляет актуальность нашей работы.

Поскольку та вариация методики определения частиц микропластика в водоёмах, которая существует на данный момент, была разработана таким образом, чтобы быть доступной для проведения по ней качественных анализов, мы выдвинули **гипотезу** о том, что микропластик обнаружить легко, и методика проста в использовании и подходит для школьных исследований.

Таким образом, **целью** нашей работы является апробация варианта методики по определению частиц микропластика в природных водоемах и оценка возможности его использования, в том числе, и для школьных исследований.

Для достижения цели мы поставили следующие **задачи**:

1. Провести анализ косметических средств, содержащих микропластик (с целью понять, как выглядят эти частицы и как их обнаружить);
2. Провести анализ проб воды из природного водоёма на содержание микропластика, таким образом отработав методику;
3. Основываясь на полученном опыте, разработать серию рекомендаций и комментариев к методике, чтобы сделать её более доступной, а данные, полученные в результате анализа по этой методике более репрезентативными.

## Обзор литературы

Термин «микропластик» был предложен профессором Ричардом Томпсоном, морским биологом из университета в Плимуте в 2004 году. Микропластиком называют полимерные искусственно произведенные частицы по размеру не превышающие 5 мм. Потенциальные негативные последствия попадания большого количества микропластика в водную флору и фауну пока плохо описаны. Некоторые исследования свидетельствуют об отрицательном воздействии на биоту, но необходимы дополнительные исследования (JRC, 2013; Ogonovski et al., 2016). Различают две группы частиц: первичный и вторичный микропластик. Первичный микропластик представляет собой микропластик, произведенный намеренно для получения особых свойств, например, абразивы в зубной пасте и косметических средствах, а также средствах для струйной обработки воздуха. Однако основная часть микропластиков, обнаруженных в морской среде, состоит из так называемых вторичных микропластиков, образующихся в результате фрагментации более крупных кусков (Lassen et al., 2015; Ogonovski et al., 2016).

Источники микропластика. Ежегодно только из средств гигиены и чистящих средств в море попадает от 80 до 130 тонн пластика (по данным Коалиции Чистая Балтика и HELCOM), попадающего в канализацию и не остающегося в очистных сооружениях. Но помимо косметики есть и другие источники. Хотя еще точно не подсчитано, но основными источниками микропластика (конкретно в Швеции) считаются фрагменты шин вследствие дорожного износа, за которыми следуют гранулы, вымытые из искусственных футбольных полей и белья. Предполагается, что свалки и общественный мусор являются значительными источниками, однако их роль еще менее понятна, чем роль мусора из вышеупомянутых источников (Magnusson et al., 2016).

«Поведение» микропластика в водоеме. Пластик способен аккумулировать на своей поверхности многие токсины и загрязняющие вещества, и в то же время является привлекательной «едой» для птиц и рыб. Таким образом, он не только вредит жизни этих животных, но и легко проникает в пищевые цепи, поднимаясь вплоть до человека (Есюкова, [https://www.gazeta.ru/science/news/2016/12/30/n\\_9518891.shtml](https://www.gazeta.ru/science/news/2016/12/30/n_9518891.shtml)). Микропластик все чаще находят в желудках морских рыб, крабов, птиц, а также в морской соли (<http://np-mag.ru/dela/otvetstvennyvybor/mikroplastik-nevidimyj-i-opasnyj/>). Многие недавние исследования по изучению микропластика в воде описывают его пагубное влияние на живые организмы (Национальный центр экологического анализа и синтеза (NCEAS) Калифорнийского университета в Санта-Барбаре про пескожилов и

Институт окружающей среды в Хельсинки про миграцию микропластика по пищевым цепочкам <https://www.nkj.ru/news/23464/> «Current Biology» Наука и жизнь, Пластмассовая жизнь обитателей моря).

Виды микропластика, встречающиеся в косметических средствах: Polypropylen (Полипропилен или PP), Polyquaternium (Поликватерниум или P), Polyethylenterephthalat (Полиэтилентерефталат или PET, лавсан), Polyamid (Nylon-12, Nylon-6, Nylon-66), Acrylates Crosspolymer, Acrylates copolymer (Акрилат кополимер или AC), Polyethylene (Полиэтилен или PE), Polysterene (Полистирол, PS), Polyurethan (Полиуретан, PUR), Ethylene-Vinylacetat-Copolymere (EVA), PEG (Полиэтиленгликоль). Именно синтетические полимеры так заинтересовали разработчиков, потому что удобны в использовании, многофункциональны, дешевле натуральных аналогов.

Загрязнение Балтики микропластиком. Экологическое состояние морской среды во многом зависит от состояния рек и водоемов, поэтому наша деятельность направлена на изучение рек. Существует несколько крупных речных водосборов, которые впадают в Балтийское море. Скорость круговорота воды между Балтийским и прилегающим Северным морем чрезвычайно низка — практически не происходит водообмена (HELCOM, 2010). Это означает, что пластмассы, переносимые в Балтийское море, как ожидается, останутся там надолго. Мусор разной величины из районов крупных городов, переносится стоком и попадает в ручьи и реки, а затем в морскую среду.

В настоящее время на регулярной основе отсутствуют долгосрочные программы мониторинга содержания мусора в европейских реках (van der Wal et al., 2015). На глобальном уровне, однако, проводится ряд проектов по изучению мусора в океанах, озерах, реках и вдоль пляжей. Некоторые проекты инициировались правительствами, в то время как другие инициировались и осуществлялись неправительственными организациями или в рамках общественных инициатив. (Йонссен, 2017)

В Центральной Балтике, количество мусора варьирует между 75,7 единиц на 100 метров, обнаруженными на сельских пляжах к 236,6 единиц на 100 метров на городских пляжах. Вследствие того, что у Балтийского моря медленный водообменный курс, вероятно, что морской мусор накапливается на морском дне. Обзоры траулера показали, что мусор морского дна в Балтийском море (0.2 кг/км) вдвое более высок, чем в Северном море (0.098 кг/км). Другое исследование Балтийского региона показало, что ежегодно 130 тонн микропластика из продуктов по уходу смываются в канализацию, и из-за неэффективной фильтрации станциями очистки сточных вод, до 40 тонн микропластмасс оказываются в Балтийском море (<http://www.ccb.se/plasticfreebaltic>).

## Материалы и методы

Выполнение работы состояло из 2 этапов: лабораторного и полевого.

1) Лабораторный этап: анализ содержания микропластика в косметических средствах. Большею частью это было сделано для того, чтобы понять, как микропластик выглядит в косметических средствах и в каких количествах он там находится.

Поскольку не существует методов по анализу содержания полимерных пластиковых частиц в косметике, мы производили его по схеме, которую разработали сами: анализ косметических средств составляло разбавление 50 мл анализируемого средства в дистиллированной водой в отношении 1:5 (в 250 мл воды), затем средство отфильтровывали через бумажный фильтр «Белая лента» и высушивали фильтр в сушильном шкафу. Далее под микроскопом или биноклем мы смотрели на частицы микропластика. Для вычисления его содержания в пробе взвешивали фильтр с высушенным микропластиком, таким образом вычисляли массу и объём микропластика во всём средстве.

2) Полевой этап: анализ содержания микропластика в пробах из участка реки Охты. Проводилось для того, чтобы опробировать методику определения микропластика в природных водах и разработать рекомендации по её использованию. Отбор проб проходил 19 октября совместно с командой из Института озёроведения РАН. Были отобраны пробы воды из 4-х точек, расположенных в разных условиях. Эти точки были выбраны членами команды для проведения собственного исследования: выявить возможные изменения в количестве микропластмасс в воде реки Охты в зависимости от того, где взята проба. Река Охта является наиболее подходящим для этого водотоком, так как условия, в которых она течёт очень разнообразны. Мы же, поскольку тоже занимаемся изучением проблемы определения микропластика в водоёмах, решили тоже провести анализ на пробах воды из Охты, а заодно проверить, будут ли различаться полученные данные и насколько. 1ая точка отбора проб расположена на территории дачного некоммерческого партнерства «Бриллиант». В этом месте река совсем небольшая, течение активное, антропогенная нагрузка не очень велика. 2ая точка располагалась под Челябинским мостом на расстоянии 30 км от точки 1. Здесь река разливается, течение более медленное.

Основой методики исследования является работа Р. Ёнсона «Мониторинг мусора в реках. Источники поступления мусора в реки и мониторинг микромусора» (2017). В нашем исследовании мы использовали вариант методики, предложенный

сотрудниками организацией «Друзья Балтики» и скорректированный Институтом озераведения РАН. Для отбора проб воды использовались фильтровальные установки из двух полипропиленовых труб, между которыми помещался сетчатый фильтр с размером ячеек 82 мкм. Для сбора пробы мы входили в воду на максимально возможную глубину (не менее 0,5 м), или размещались на мостках. Для сбора материала начерпывали воду из водоема, при этом ведро или канистра полностью погружались в воду, чтобы в пробу попадала вода из толщи, а не с поверхности. При этом необходимо следить за тем, чтобы не задевать дно водоема и не взмучивать его. Как только ток воды через фильтр затруднялся (фильтр «забивался») фильтрование прекращалось. Далее мы доставали фильтр, держа его поверхностью с частицами вверх. Банку с фильтром закрывали крышкой, подписывали пробу, отметив дату отбора пробы, название водоема и точки отбора, объем профильтрованной воды, диаметр ячеек фильтрующей основы.

Мы использовали 2 фильтра разных размеров: диаметром 40 мм и 110 мм, объем профильтрованной воды составил от 50 до 300 литров. Фильтры помещались в банки или чашки Петри и далее просматривались под микроскопом в лаборатории ЭБЦ «Крестовский остров». Для определения частиц микропластика использовали руководство «Guide to Microplastic Identification» (Институт исследования моря и окружающей среды, Блу Хилл, США). Фильтр извлекали из банки и ставился в чашке Петри под микроскоп на клетчатую бумагу для наиболее точного подсчета частиц микропластика. Двигаясь по клеткам бумаги мы отмечаем и идентифицировали встреченные объекты, сверяясь с описанием и картинками руководства (рисунок). Количество, форму и цвет встречающихся полимерных частиц, определенных как микропластик, заносили в таблицу, затем пересчитывали количество микропластика на литр.



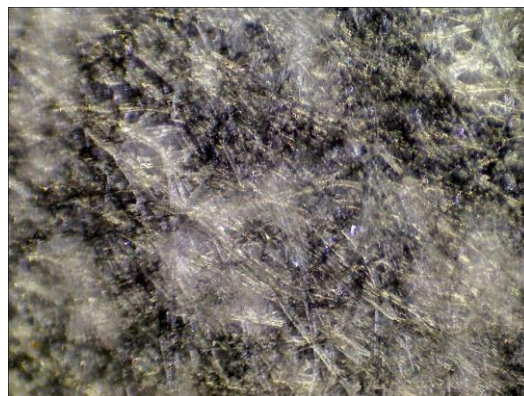
## Результаты и обсуждения

В ходе нашего исследования мы получили следующие результаты:

### По анализу косметических средств:

Мы планировали провести анализ для двух средств, включённых в «список позора»: документ, составленный организацией «Друзья Балтики», в котором есть наименования косметических продуктов, содержащих микропластик. Для анализа был взят гель-скраб для душа Nivea, в составе которого был указан акрилат кополимер (АС), гелем для умывания Garnier, в составе которого был указан полиэтиленгликоль (РЕG).

Средства разбавлялись дистиллированной водой и пропускались через фильтр. При анализе средства с акрилат кополимером на фильтре остались округлые ровные гранулы желтого и белого цвета (рис.1). Их содержание в средстве составило 6,24 мл (2,5% от всего объема). При анализе средства с полиэтиленгликолем на фильтре мы не нашли никаких частиц, схожих с микропластиком (рис.2).



**Рисунок 1 и 2. Фото гранул из средства Nivea в бинокляре (увеличение x56) и фото фильтра со средством Garnier (увеличение x98).**

Таким образом, мы обнаружили, что некоторые синтетические полимеры из косметики хорошо растворяются в воде, не образуя твердых гранул микропластика. Поэтому мы обратились в организацию «Друзья Балтики» с предложением откорректировать список «опасной» косметики, убрав из него растворимые полимеры.

По анализу проб из природного водоёма:

В ходе работы было отобрано 4 пробы в двух точках на реке Охте через два разноразмерных фильтра (рис.3, рис.4).



**Рисунок 3 и 4. Фото с пробоотбора 19.10.17 на 1ой и 2ой точке, река Охта.**

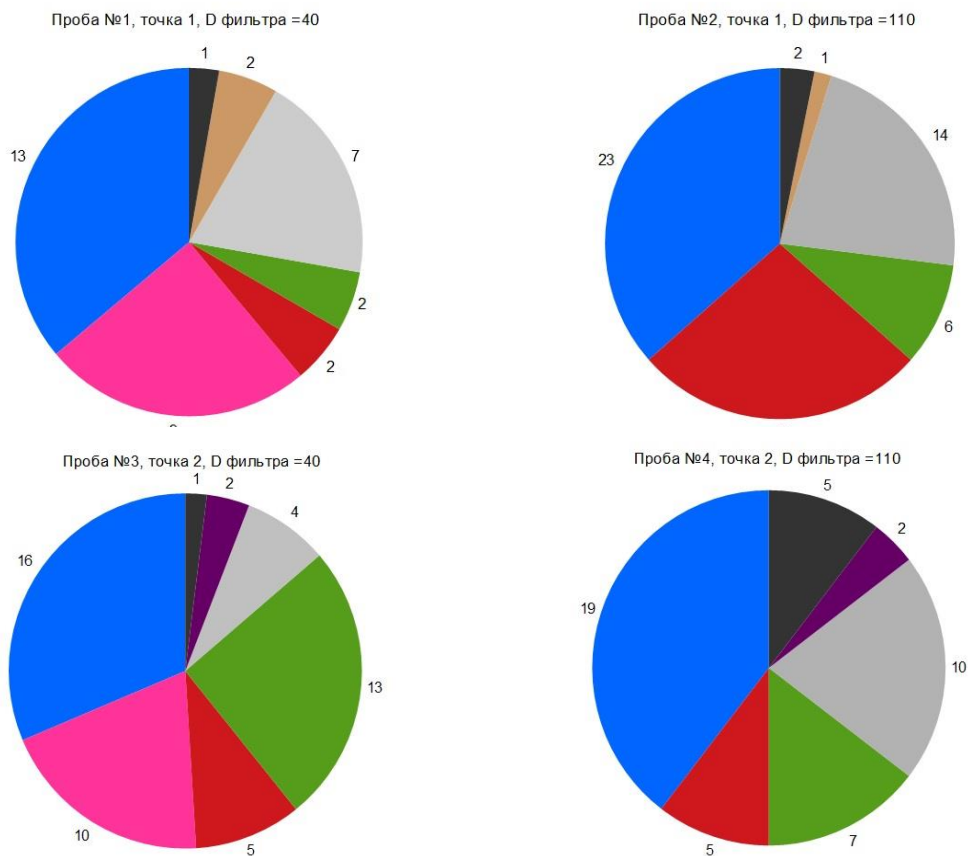
Далее пробы были проанализированы в лаборатории по методике, фотографии были сделаны фото-микроскопом, стрелками показаны нити микропластика (рис.5, рис.6). В пробах мы не нашли частиц, схожих с теми, которые мы отфильтровали из косметического средства.



**Рисунок 5 и 6. Фото микропластика из воды реки Охты (увеличение x100-120).**

Результаты, полученные после анализа проб воды мы занесли в таблицы, которые можно найти в приложении 1. В таблицах были отмечены цвета и форма встреченных частиц микропластика.

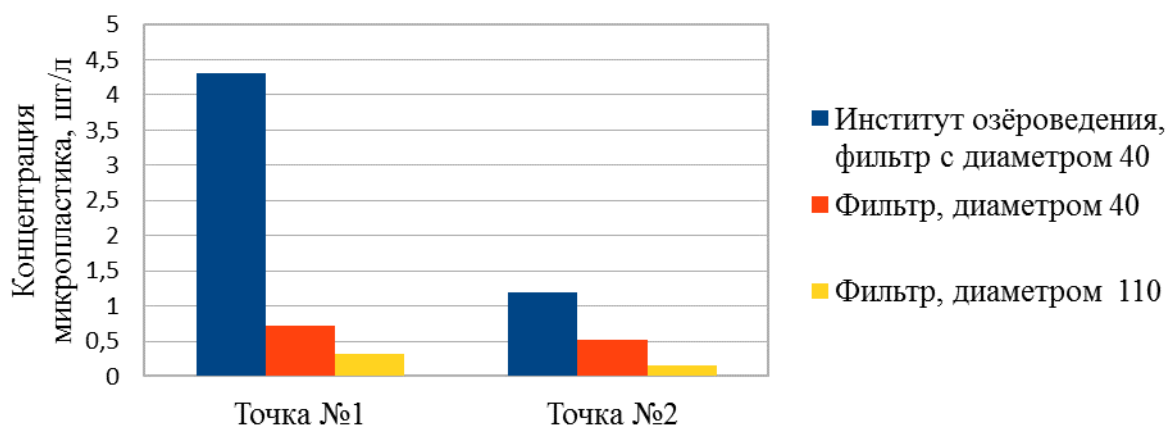
На рисунке 7 представлено соотношение различных найденных частиц в отобранных пробах, и преобладают частицы синего цвета, их процент от общего количества варьирует от 31 до 39,5%.



**Рисунок 7. Количество частиц микропластика разных цветов, найденных в пробах воды.**

Для проверки достоверности данных мы решили сделать контрольную пробу с чистым фильтром, промытым дистиллированной водой (в методике не было указано о контроле). Там были обнаружены частицы, которые по виду были очень схожи с микропластиком, частицы были синего цвета, найдены в количестве 8 штук. Мы нашли возможный источник этих частиц рядом с рабочим местом, и это могло быть причиной преобладания синих частиц в пробах. В связи с этим мы настоятельно рекомендуем обратить особое внимание, на условия рабочего места, чтобы лишние частицы из окружающей среды, например, с одежды, не могли попасть в пробу и изменить результаты.

По сравнению с данными, полученными при анализе проб Институтом озёроведения, (рис.8), численные показатели найденного микропластика в их пробах во многом превышают наши. Возможно, это связано с различиями между нашим методом анализа и методом команды Института. Также мы выявили, что, при анализе фильтра меньшего диаметра, найденного микропластика получается больше по соотношению и при пересчёте на литр воды. Скорее всего это связано с тем, что маленький фильтр просматривался более внимательно из-за небольшой площади, поэтому на нём было легче и удобнее искать частицы.



**Рисунок 8. Сравнение между собой данных, полученных нами и Институтом озероведения.**

После того, как мы проанализировали полученные данные, мы пришли к выводу, что в ходе выполнения работы нужно учитывать множество неявных моментов, чтобы получить репрезентативные результаты. Основываясь на полученном опыте, мы разработали ряд указаний и комментариев к методике, чтобы сделать её более однозначной и понятной. Итак, учитывая результаты работы, мы рекомендуем:

- выбирать наиболее маленький размер диаметра фильтровальной установки, для удобства выявления частиц микропластика.
- соблюдать аккуратность в обращении с фильтром после отбора пробы и при анализе: не открывать ёмкость, в которой хранится фильтр между отбором пробы воды и непосредственным начале анализа; брать и перемещать фильтр с помощью пинцета.
- перед началом анализа следует убедиться в пригодности условий рабочего пространства: вытереть пыль, убрать всё лишнее и т. д.
- подсчет частиц микропластика в пробе стоит проводить терпеливо и внимательно, ведь если не учесть пропущенные в спешке частицы, нельзя будет назвать результаты такого анализа достоверными.
- анализ стоит проводить за максимально короткое время, чтобы уменьшить вероятность попадания микропластика из окружающей среды, что может повлиять на результаты и сделать их также недостоверными.

Эти комментарии представлены на встрече организаций, которые также занимаются апробацией методик по анализу микропластика: «Друзья Балтики», РГГМУ, Институт Озероведения РАН, а также Ресурсный центр СПбГУ. Наши рекомендации будут использованы общественной организацией «Друзья Балтики» при организации массового школьного мониторинга содержания микропластика в водоемах Санкт-Петербурга, который планируется запустить весной 2018 года.

## **Выводы**

1. Был проведён анализ косметических средств, содержащих микропластик: мы поняли, что существует твердый микропластик, который выглядит как округлые гранулы. Количество частиц твердого микропластика в анализируемом скрабе Nivea составил 2,5 % от его объёма. Также было произведено уточнение списка видов микропластика, содержащихся в косметике - водорастворимые полимеры были из него исключены.
2. По варианту методики, предложенному нашими коллегами, нами были проанализированы 4 пробы воды из реки Охты. Большинство найденных частиц имело форму нитей, их концентрация по полученным нами данным в первой точке варьирует от 0,315 до 0,62 шт/л, во второй 0,16 до 0,52 шт/л.
3. Результаты анализа получились очень различными между собой. Эти различия были получены из-за разного диаметра фильтра, а также из-за разных способов просмотра проб на наличие микропластика. Это показывает, что методика анализа довольно неоднозначна и требует доработки.

В заключение мы можем сказать, что затруднения, которые возникали при проведении отбора и анализа проб воды на содержание микропластика, вынесены в рекомендации и указания к методике, и мы надеемся, что, благодаря нашей работе, она станет более понятной и конкретизированной, а данные, полученные в результате анализа по этой методике, будут более репрезентативными. Мы считаем, что применять её для отбора проб из природных вод в школьных исследованиях можно только после внесения соответствующих корректировок, таким образом, наша **гипотеза** не подтвердилась. Тем не менее, школьники в своих работах могут исследовать разные виды микропластика в косметике, используя нашу схему анализа косметических средств.

## **Благодарности**

Я хочу выразить благодарность своему научному руководителю Кокоревой Александре Владимировне за огромную помощь в написании работы и ценные научные рекомендации. Также хочу поблагодарить команду из Института озёроведения РАН за организацию отбора проб и помощь в исследовании.

## Список литературы

1. Ёнсон Роберт, «Мониторинг мусора в реках. Источники поступления мусора в реки и мониторинг микромусора» WRS AB, г. Упсала, 24.02.2017 г. – Научная работа, посвященная проблеме микропластика.
2. Есюкова Е.Е. Plastic pollution on the Baltic beaches of the Kaliningrad region, Russia Marine Pollution Bulletin, - год публикации — 2016. Источник: <http://www.rscf.ru/prjcard?rid=15-17-10020>
3. 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 г. Источник: <http://www.rscf.ru/prjcard?rid=15-17-10020>
4. Институт исследования моря и окружающей среды, «Guide to Microplastic Identification», Блу Хилл, США – работа с методикой определения микропластика в природной воде.
5. Смирнова Юлия, «Пластмассовая жизнь обитателей моря» [www.nkj.ru/news/23464/](http://www.nkj.ru/news/23464/). «Current Biology» Наука и жизнь, 06.12.2013 г.
6. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X16308177](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X16308177)
7. [www.sea.edu/sea\\_research/ocean\\_plastics\\_marine\\_pollution](http://www.sea.edu/sea_research/ocean_plastics_marine_pollution)
8. [www.chem21.info](http://www.chem21.info) – Информация о полимерах микропластика и их свойствах.
9. [www.ccb.se/plasticfreebaltic/](http://www.ccb.se/plasticfreebaltic/) - Коалиция Чистая Балтика, занимающаяся проблемой загрязнения Балтийского моря микропластиком.
10. [www.helcom.fi/Pages/search.aspx?k=microplastic](http://www.helcom.fi/Pages/search.aspx?k=microplastic) - Хельсинская комиссия по защите морской среды Балтийского моря
11. [www.np-mag.ru/dela/otvetstvennyvbor/mikroplastik-nevidimyj-i-opasnyj/](http://www.np-mag.ru/dela/otvetstvennyvbor/mikroplastik-nevidimyj-i-opasnyj/) - Онлайн-журнал «Натур продукт»

## Приложение 1

Таблица 1. Данные анализов на содержание микропластика в 1ой точке.

Фильтр D=40 мм, V воды = 50 л			Фильтр D=110 мм, V воды = 200 л		
Цвет/Форма	Частицы	Нити	Цвет/Форма	Частицы	Нити
Синий	-	13	Синий	-	23
Розовый	6	3	Розовый	-	-
Красный	-	2	Красный	-	17
Зеленый	-	2	Зеленый	-	6
Прозрачный	-	7	Прозрачный	-	14
Светло-бурый	-	2	Светло-бурый	-	1
Серый	-	1	Серый	-	2
<b>Всего:</b>	6	30	<b>Всего:</b>	-	63
<b>Концентрация:</b>	0,6 частиц на литр		<b>Концентрация:</b>	0,315 частиц на литр	

Таблица 2. Данные анализов на содержание микропластика во 2ой точке.

Фильтр D=40 мм, V воды = 100 л			Фильтр D=110 мм, V воды = 300 л		
Цвет/Форма	Частицы	Нити	Цвет/Форма	Частицы	Нити
Синий	-	16	Синий	-	19
Розовый	10	-	Розовый	-	-
Красный	-	5	Красный	-	5
Зеленый	-	13	Зеленый	-	7
Прозрачный	-	4	Прозрачный	-	10
Светло-бурый	-	2	Светло-бурый	-	2
Серый	-	1	Серый	-	5
<b>Всего:</b>	10	42	<b>Всего:</b>	-	49
<b>Концентрация:</b>	0,42 частиц на литр		<b>Концентрация:</b>	0,16 частиц на литр	

Таблица 3. Данные, предоставленные Институтом озераведения (фильтр D=40 мм).

1ая точка отбора		2ая точка отбора	
Нити	128	Нити	76
Частицы	89	Частицы	46
<b>Концентрация</b>	4,3 частицы на литр	<b>Концентрация</b>	1,2 частицы на литр