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 наличия микропластика в питьевой воде»

Исполнитель Ангелина Ольга Алексеевна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор биологических наук

(ученая степень, ученое звание)

Лекомцев Петр Валентинович

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

«___» _____2024 г.

Санкт–Петербург

2024

Оглавление

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР 3
ВВЕДЕНИЕ..... 4
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ..... 6
1.1 Физико-географическая характеристика региона..... 6
1.2 Проблема микропластикового загрязнения природной среды 10
1.3 Характеристика водоподготовки и производства питьевой воды в г. Санкт-Петербург 13
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ..... 20
2.1 Описание методов лабораторных исследований 23
2.2 Описание полученных данных 20
3. АНАЛИЗ ДАННЫХ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ 27
3.1 Результаты исследования бутилированной воды .....**Ошибка! Закладка не определена.**
3.2 Результаты исследования водопроводной воды .....**Ошибка! Закладка не определена.**
3.3 Анализ результатов .....**Ошибка! Закладка не определена.**
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 44
ПРИЛОЖЕНИЕ А 48

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР

ХЕЛКОМ – Хельсинская комиссия по защите морской среды Балтийского моря

ООН – Организация объединенных наций

ПЭТ – Полиэтилентерефталат

МП – Микропластик

ПЭНД – Полиэтилен высокой плотности

ПП – Полипропилен

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность загрязнения водных объектов микропластиком связана с широким использованием различных пластмассовых изделий в жизни людей. Попадая внутрь организма, частицы микропластика не только становятся опасными своим физическим воздействием, но и выделяют химические вещества, вредные для здоровья человека. Исследования в некоторых европейских странах уже установили наличие микропластика в разных видах питьевой воды, как проточной, так и бутилированной. В России таких исследований еще не проводилось.

Для производства питьевой воды в городе Санкт-Петербург применяется комплекс технологий: подготовка оборудования для производства питьевой воды; извлечение воды; очистка питьевой воды на производстве: обезжелезивание, кондиционирование воды, обработка ультрафиолетом; пропускание через угольные фильтры, последний этап - розлив по бутылям или поступление воды через водопровод к потребителю.

Цель работы: оценка образцов бутилированной воды у наиболее популярных производителей в городе Санкт-Петербург, а также водопроводной воды на наличие микропластика.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить проблему микропластикового загрязнения водной среды.

2. Изучить методы исследования содержания микропластика в водной среде.

3. Провести лабораторные исследования некоторых наиболее популярных у потребителей брендов питьевой воды в г. Санкт-Петербург.

4. Провести лабораторные исследования водопроводной воды в некоторых районах города Санкт-Петербург.

5. Провести оценку содержания микропластика в образцах и сравнить результаты с полученными данными проведенных международных исследований.

Работа написана на основании моих исследований, проведённых в лаборатории «ПластикЛаб», и материалов, собранных в опубликованной литературе, в интернет ресурсах.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Физико-географическая характеристика региона г. Санкт-Петербург

Санкт-Петербург – город-миллионник на северо-западе России, который раскинулся вдоль берегов Финского залива на территории Приневской равнины. Большая часть его территории располагается в устье Невы и на островах ее дельты. Географические координаты города составляют 59°57′ северной широты и 30°19′ восточной долготы [1]. Город находится в 157 километрах от границы с Финляндией и в 160 километрах от границы с Эстонией, его территория граничит с районами Ленинградской области: Ломоносовским, Гатчинским, Тосненским, Кировским, Всеволожским и Выборгским [2].

Санкт-Петербург протягивается вдоль линии северо-запада на юго-восток на расстоянии 90 километров, отличается разнообразием высотных характеристик. В центральных районах города высота над уровнем моря колеблется от 1 до 5 метров, в то время как в северных периферийных зонах она достигает от 5 до 30 метров. В южной и юго-западной частях города высота составляет от 5 до 22 метров. Особо высокими точками городской территории являются Дудергофские высоты в Красносельском районе, достигающие 176 метров. Часовой пояс, в котором лежит город, – UTC+3 (московское время) [1]. Санкт-Петербург также является крупным историческим и культурным центром и важным портом. Это второй по величине город России [3].

Санкт-Петербург расположен в дельте реки Нева, в истоке Финского залива. Город раскинулся на 42 островах дельты и прилегающих частях поймы материка. Очень низкая и изначально заболоченная территория подвергалась периодическим наводнениям, особенно осенью, когда

сильные циклонические ветры гонят воды залива вверх по течению, а также во время весеннего таяния снегов. Чтобы контролировать разрушительные паводковые воды, в 1980-х годах построили дамбу длиной 29 км через Финский залив. Также было проложено несколько каналов для облегчения дренажа.

Санкт-Петербург — город с городами-спутниками — образует подковообразную форму вокруг истока Финского залива. На севере Петербург простирается вдоль берега Финского залива на 60-70 км, включая город Зеленогорск. На южной стороне залива границы города простираются на запад до Петергофа и Ломоносова. На востоке Санкт-Петербург тянется вверх по Неве до Ивановского [3].

Климат

Санкт-Петербург и прилегающая к нему территория расположены в климатической зоне с переходной характеристикой от океанического к континентальному типу, что определяет мягкие зимы и умеренно тёплые лета [4].

Среднегодовая температура воздуха в городе колеблется в пределах от 5 до 6 градусов Цельсия. Самый холодный месяц – февраль с температурой воздуха до -8 градусов Цельсия. Нева начинает замерзать примерно в середине ноября, а к началу декабря лед уже достаточно прочно сформирован; ледоход начинается в апреле, обычно к концу месяца лед полностью сходит [3]. Самый тёплый месяц года – июль, средняя температура воздуха достигает 17,1 градуса Цельсия [5].

В среднем за год в Санкт-Петербурге насчитывается 62 солнечных дня, поэтому в городе преобладают облачные и пасмурные дни, с рассеянным светом. Продолжительность светового дня в городе меняется от 5 часов 51 минуты в зимнее время до 18 часов 50 минут в летнее [5].

В городе выпадает осадков больше, чем испаряется вода, что приводит к высокой влажности воздуха, достигающей 78%. Число дней с относительной влажностью не менее 78% колеблется от 140 до 155. В холодный период года, когда в городе наблюдаются длительные осадки, их интенсивность невысока и составляет в среднем 0,2-0,4 мм/ч. В летние месяцы интенсивность осадков возрастает до 1,1-1,3 мм/ч, что обусловлено часто встречающимися ливневыми дождями [6].

Водные ресурсы

Санкт-Петербург является одним из наиболее обводненных городов в мире. Примерно 20% его территории занято водными объектами [7]. Они представлены восточной частью Балтийского моря - Финским заливом, рекой Невой и ее притоками, естественными и искусственными водоемами, реками, каналами и болотами [8]. В Санкт-Петербурге и его областях насчитывается около 64 рек, 48 каналов и 34 ручья. Протяженность водотоков составляет 555,5 км. В черте города расположено 217,5 км.

Главным водным объектом города является р. Нева, соединяющая Ладожское озеро с Финским заливом Балтийского моря. Ее длина достигает около 78 км, бассейн водосбора – 281 тыс. км^2, среднемноголетний расход воды в р. Неве - 2520 м^3/сек [8].

В бассейне Невы насчитывается около 50 тыс. разнообразных озер, благодаря которым река получает обильное питание круглый год, среди них – Онежское и Ладожское, из последнего Нева берет свое начало [9].

Площадь Ладожского озера составляет 18329 км^2. Обширный водосборный бассейн Ладожского озера, общая площадь которого составляет 258 600 км^2, расположен на территории Республика Карелии, Ленинградской, Новгородской, Псковской, Вологодской, Тверской и Архангельской областей России, а также на части территории Финляндии и Белоруссии. Сток из озера

осуществляется в Финский залив через р. Неву [10]. Однако озеро не только велико своими размерами, но и богатством флоры и фауны. Здесь обитают более 40 видов рыб, наиболее популярными являются сельдь, лещ, судак и ряпушка.

Антропогенные источники загрязнения вод

Основным источником загрязненных сточных вод является ЖКХ, с очистных сооружений которого сбрасывается около 90% городского объема сброса [8].

Сточные воды города Санкт-Петербург являются путем, по которому антропогенные материалы переносятся в водные объекты. Сюда попадают различные химикаты, пластики, целлюлозные, текстильные и фармацевтические изделия, нефтяные пятна.

Большие твердые объекты, такие как гигиенические принадлежности, например, тампоны, средства контрацепции, ватные палочки, строительные отходы и прочее, часто оказываются в системе канализации через слив в туалетах. Обычно они удаляются на начальных этапах очистки сточных вод, чтобы впоследствии мусор не оказывался в водоёмах. Но во время интенсивных дождей, когда объём стока возрастает, предметы могут быть вынесены через переполненные каналы в реки и заливы. Это явление наблюдается в Санкт-Петербурге, где мусор из канализации зачастую обнаруживается при анализе морского мусора, плавающего в водах Финского залива и выбрасываемого на берега волнами [11].

Кроме того, в сточных водах могут содержаться микроскопические частицы, например, от косметических средств, отделяющиеся при стирке одежды или вырабатываемые на промышленных предприятиях. Некоторая их часть попадает через канализации в водную среду, и большинство частиц не улавливается фильтрами на очистных сооружениях.

Также еще одним из источников загрязнения является скопившийся снег, в котором могут содержаться антропогенные частицы, он сбрасывается прямо в прибрежные воды и предоставляет дополнительный путь попадания в них мусора, обходя систему сточных вод [11].

Если микро- и макромусор попадут в почву, это приведет к загрязнению грунтовых и поверхностных вод, которые люди используют для питьевых целей. У них могут развиться различные заболевания желудочно-кишечного тракта, отравление тяжелыми металлами или другие серьезные состояния в зависимости от состава отходов. Кроме того, выбросы отходов в водоемы могут нарушить баланс экосистем и привести к гибели водных организмов [12]

1.2 Проблема микропластикового загрязнения природной среды

Пластик — материал, основанный на синтетических или природных полимерах, состоящих из мономерных звеньев, соединяющихся в макромолекулы. Этот материал широко используется за счет своей дешевизны, простоте производства и высоким эксплуатационным характеристикам. Пластик обладает химической стойкостью, водоустойчивостью, плохой теплопроводностью и электрической проводимостью.

Проблема пластика обширна и заключается в его обилии как мусора. Ежегодно огромные объемы пластмассы выбрасываются в окружающую среду, разлагаясь, он наносит непоправимый вред экосистеме и живым существам. Особенно остро проблема проявляется в океанах, где пластик образует мусорные пятна и угрожает морским экосистемам. В океане образовался целый остров из пластика — Большое тихоокеанское мусорное пятно [14]. Скопления пластика в воде образовали целую экосистему — "пластисферу".

Малое количество пластика подлежит переработке, что приводит к большому накоплению его на свалках [13].

Микропластик - мельчайшие частицы, образующиеся в результате разрушения пластиковых изделий. Это микроволокна размером менее 5 мм, состоящие из различных видов текстиля (нейлон, акрил, полиэстер), микрогранул из косметики и микрофрагментов, образовавшиеся в ходе дефрагментации пластиковых изделий. Значительная доля микропластика образуется от износа шин автомобилей и разметки дорог.

Микромусор классифицируется по размеру: крупные частицы с диаметром более 25 мм относятся к макромусору, от 5 до 25 мм - к мезомусору, а те, что менее 5 мм (нижний предел не определен), относятся к микромусору. Кроме того, существует категория мегапластика – куски пластикового мусора размером более 200 мм. Самые мельчайшие пластиковые частицы, менее 1 мкм в размере, называют нанопластиком [15].

Микропластик образуется как из изначально мелких элементов, так и обломков более крупных пластиковых материалов, поэтому выделяют первичный и вторичный микропластик.

Первичный микропластик – это пластиковые частицы, изначально созданные для использования в потребительских или промышленных целях, например, пластиковые гранулы, пеллеты и микрогранулы. Он попадает в водоёмы в результате слива сточных вод, которые загрязняются микрочастицами косметических продуктов, смытых в канализацию, или во время перевозки гранул из места их изготовления на производственные площадки пластмасс.

Вторичный микропластик образуется в ходе распада и износа изначально более крупных пластиковых отходов, а также процесс их раздробления на мелкие части. К этой категории относятся не только микрочастицы, образующиеся в процессе производства, но и отходы,

образовавшиеся в ходе износа пластмассовых изделий, а также пыль и волокна, выделяющиеся при изготовлении пластиковых объектов. Один из важных источников появления вторичного МП – процесс раздробления крупных пластиковых объектов из-за утраты ими первоначальной пластичности под влиянием факторов внешних условий: ультрафиолетовое излучение, ветер и морские волны. Процесс достаточно сильно влияет на образование микропластика в прибрежных зонах и в морской среде [15].

Источники попадания микропластика в водную среду

1. В косметических средствах и продуктах для личной гигиены нередко присутствуют микропластиковые элементы, выполняющие функцию абразивных компонентов или наполнителей, например, скрабы для лица и гели для душа, а также нано частицы пластика, которые встречаются в составе солнцезащитных средств. Эти частицы оседают в канализационные системы или напрямую в водные ресурсы во время применения этих продуктов. Тем не менее, количество МП от косметических средств в природе невелик по сравнению с другими источниками его поступления.

2. Текстиль и одежду можно считать одним из главных источников образования микропластиков, особенно когда волокна из них высвобождаются в процессе стирки. Несмотря на то что некоторые частицы захватываются на очистных сооружениях, большая их часть все же попадает в водные системы, где они скапливаются в верхних слоях течения и в прибрежных зонах под действием сил волн [11].

3. Транспорт. Источником микропластика являются мелкие частицы пластика, которые отпадают с шин автомобилей. Эти микрочастицы либо оседают на землю, либо переносятся ветром в поверхностные воды.

4. Производители пластика также вносят свой вклад в распространение и накопление микропластика из-за потерь микрогранул пластика в процессе производства и транспортировки. Пластиковые гранулы, имеющие размеры

порядка нескольких миллиметров, могут случайно оказаться как в почве, так и в водоемах, скапливаясь в морях и океанах [11].

Все загрязнители состоят из разнообразных антропогенных неорганических волокон и частиц. Помимо микропластиковых волокон и неорганических частиц, сточные воды насыщены органическими отходами. К примеру, некоторые волокна могут представлять собой окрашенные целлюлозные волокна (хлопковые, шерстяные), которые не накапливаются в воде, а с течением времени подвергаются естественному разложению.

Однако несинтетические волокна могут оказаться опасными для экосистем водных сред, поскольку в процессе производства текстиля волокна подвергаются обработке разнообразными токсичными веществами, придающие ткани необходимые характеристики, например, антипирены – огнезащитные свойства [16].

После попадания микропластика в организм человека его судьба и последствия до сих пор остаются спорными и малоизвестными. Мелкие частицы способны проникнуть во внутренние органы, а микрочастицы размером около 10 мкм могут проходить через клеточные мембраны, попадать в кровоток, лёгкие и плаценту человека [17].

1.3 Характеристика водоподготовки и производства питьевой воды в г. Санкт-Петербург

В своей повседневной жизнедеятельности люди предпочитают пить не только бутилированную воду, но и водопроводную, так как она является одним из самых доступных и удобных источников питьевой воды для населения.

Водоснабжение для жителей и предприятий Санкт-Петербурга осуществляется через сеть водопроводов, по которым вода из Невы доставляется в каждый дом. Вода перед подачей проходит несколько этапов очистки для повышения её качеств, снижения загрязнения окружающей среды и обеспечения безопасного потребления.

Система водоснабжения города способна поддерживать стабильное поступление питьевой воды для более чем пяти миллионов человек, а также для нужд предприятий и организаций. Вода соответствует всем санитарным нормам и стандартам, установленным Всемирной организацией здравоохранения. Кроме того, часть воды из этой системы поступает в города и села Ленинградской области. ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга" занимается обслуживанием большинства потребителей, обеспечивая до 97% от общего объема потребляемой воды [18].

В Санкт-Петербурге для водоснабжения используются как поверхностные источники, так и подземные. Основной источник – река Нева, откуда забирается около 98% всей необходимой воды. Далее вода проходит очистку на пяти крупнейших водопроводных станциях, таких как:

- Главная водопроводная станция (ГВС)

- Северная водопроводная станция (СВС)

- Южная водопроводная станция (ЮВС)

- Волковская водопроводная станция (ВВС)

- Водопроводные очистные сооружения (ВОС) города Колпино [19].

Методы очистки сточных вод

Каждый из типов загрязнителей воды требует своего уникального подхода к очистке. Загрязняющие вещества сточных вод можно классифицировать на три основные категории:

1. Физические загрязнители, которые влияют на цвет и запах жидкости. Это могут быть песок, глина, ил, взвешенные твердые частицы. Физические загрязнители удаляются с помощью механических фильтров, где они оседают за счет своей относительно высокой плотности.

2. Биологические загрязнители – дрожжевые и плесневые грибки, лигнины и водоросли. Могут быть нейтрализованы с помощью бактерий или специальных химических реагентов, уничтожающих их или превращающих в менее токсичные соединения.

3. Химические загрязнители, например, кислоты и щелочи, нефть и нефтепродукты, соли и фенолы, диоксиды и пестициды, тяжелые металлы, аммонийный и нитритный азот, СПАВы. Требуют более сложных и часто более дорогих методов очистки, например, адсорбция, ионообмен, чтобы удалить загрязнители из сточных вод.

Выбор методов очистки сточных вод зависит от типа загрязнения. Часто используются комбинированные подходы для достижения наилучших результатов.

1. Механическая очистка – предназначена для избавления от нерастворимых загрязнений, выполняется с использованием следующих приспособлений:

- Сита и решетки – выполняют функцию фильтрации крупных загрязнителей размером свыше 16 мм;

- Песколовки – эффективно удаляют мелкие камешки, гальку и песок. Благодаря ним устраняется более 80% твердых загрязнений;

- Жироловки и нефтеловушки – предназначены для извлечения плавающих на поверхности воды загрязнений, таких как масла, жиры, нефтепродукты и другие, при этом нефтеловушка обеспечивает удаление до 98% нефтепродуктов [20].

- Отстойники – предназначены для осветления воды, которая прошла через песколовку, перед тем как она будет направлена на биологическую очистку или в водоем. В зависимости от местных условий, отстойники могут быть вертикальными с центральным впуском воды или горизонтальными.

2. Биологическая очистка – из воды удаляются различные загрязнители с помощью микроорганизмов [21].

- Аэротенк – для очистки сточных вод используются микроорганизмы, которые питаются загрязняющими воду веществами. Процесс очистки заключается в смешивании стоков с активным илом при помощи системы аэрации, которая обеспечивает поступление сжатого воздуха.

- Цех по очистке воздуха – способен устранить неприятные запахи.

- Вторичные отстойники – применяются для разделения активного ила от очищенной сточной воды из аэротенков или для удержания биологической пленки, поступающей из биофильтров. Вторичные отстойники могут иметь вертикальную, горизонтальную или радиальную структуру в зависимости от размеров очистных станций.

- Обработка отстоявшегося осадка, образующегося в двухъярусных отстойниках.

- Биофильтры – применяются для очистки сточных вод за счет прохождения воды через фильтры с активными микроорганизмами.

3. Химическая очистка – метод удаления из сточных вод кислот и щелочей;

- Биореакторы глубокой очистки – применяются для окисления аммонийного азота и органических веществ, не поддающихся разложению микроорганизмами.

- Ультрафиолетовое излучение – метод для дезинфекции и обеззараживания сточных вод, может использоваться ультразвук, переменный ток, гамма-излучение или хлорирование;

- Процесс удаления фосфатов из сточных вод [21].

4. Физико-химическая очистка – комплекс методов для удаления различных загрязнений. Выделяется три наиболее эффективных физико-химических методов очистки сточных вод: флотация, коагуляция и сорбция.

1. Коагуляция – процесс объединения в сточных водах твердых частиц с помощью специальных солей железа, аммония, меди, в результате чего образуются хлопья из этих частиц. Хлопья удаляются механическим способом с помощью осветлителей, содержащих фильтрующую загрузку, и позволяют достичь эффективности очистки до 90%.

2. Флотация – процесс создания комплексов частиц и пузырьков, их подъем и удаление пенного слоя с поверхности воды. Для этого процесса используются устройства для флотации, например, напорные флотаторы, обеспечивающие эффективность очистки до 60%.

3. Сорбция – процесс поглощения одного вещества другим. Сорбенты, например, активированный уголь, применяются для удаления различных загрязнений из сточных вод [22].

Однако состояние воды может значительно различаться в зависимости от района и места проживания, на эти факторы могут повлиять как

Необходима дополнительная фильтрация и обработка воды для улучшения ее качества. Крупные производители питьевых фильтров предлагают устанавливать в квартирах и офисах дополнительные фильтры для устранения неприятных запахов, ржавчины и улавливания мелких микрочастиц. Однако дополнительная очистка не может гарантировать полного очищения воды от различных видов загрязнений.

Некоторые люди предпочитают пить бутилированную воду из-за ее вкуса или из-за отсутствия доверия к качеству водопроводной воды.

Питьевая бутилированная вода добывается из артезианских скважин, за счет чего менее подвержена антропогенному воздействию и загрязнению, однако на производстве проходит все этапы очистки.

Производство воды в бутылках – сложный многоступенчатый процесс, при котором используется целый ряд технологических процедур:

1. Подготовка техники для изъятия воды из скважин: бурильные насосы, разнообразные фильтры – угольные, песчаные и другие, устройства для озонирования, герметичные ёмкости для хранения и системы для розлива воды.

2. Добыча воды с помощью бурильного насоса. Вода поступает в приёмную камеру, расположенную рядом со скважиной.

3. Вода проходит через процесс очистки:

- Механическое очищение воды от примесей и частиц.

- Процесс смягчения и вывода кальция из воды: если вода слишком жесткая, она дополнительно проходит через процесс смягчения с использованием ионного обмена, а также удаляется избыточное содержание железа и марганца.

- Сорбционная очистка с помощью активированного угля.

- Кондиционирование воды для достижения идеального соотношения минералов и микроэлементов.

- Обработка воды с помощью ультрафиолетового излучения для уничтожения микроорганизмов и вирусов. Также может применяться озонирование.

4. Заключительным этапом производства является заполнение бутылок обработанной чистой водой [23].

(Место добычи, этапы производства для каждого нашего исследуемого образца представлены в приложении А)

Таким образом, производители бутилированной воды гарантируют покупателям хорошее качество воды, максимальное ее очищение и соблюдение всех ГОСТов.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Описание полученных данных

Бутилированная вода

Для исследования было отобрано 15 образцов бутилированной воды объемом от 0,25 до 0,75 л, такие как: «Святой источник», «Шишкин лес», «BONVIDA», «АКВА минерале», «Фруто Няня», «Fleir Alpine», Bona aqua, «Сенежская», «Jevea», «Маркет» - перекресток, «365 дней» – Лента, «Окей», «ТБАУ», «4 ВОДЫ», «Legend of Baikal» (Рисунок 2.1.1). Образцы были подобраны по таким критериям, как ценовой сегмент (дешевые/дорогие), наиболее пользующиеся спросом бренды и несколько образцов детской воды, в том числе в стекле. Также для более точной оценки достоверности полученных оценок для некоторых производителей было проведено исследование дополнительных четырех образцов по 1.5 л каждая: «Святой источник», «BONVIDA», «Фруто няня», «Лента 365».

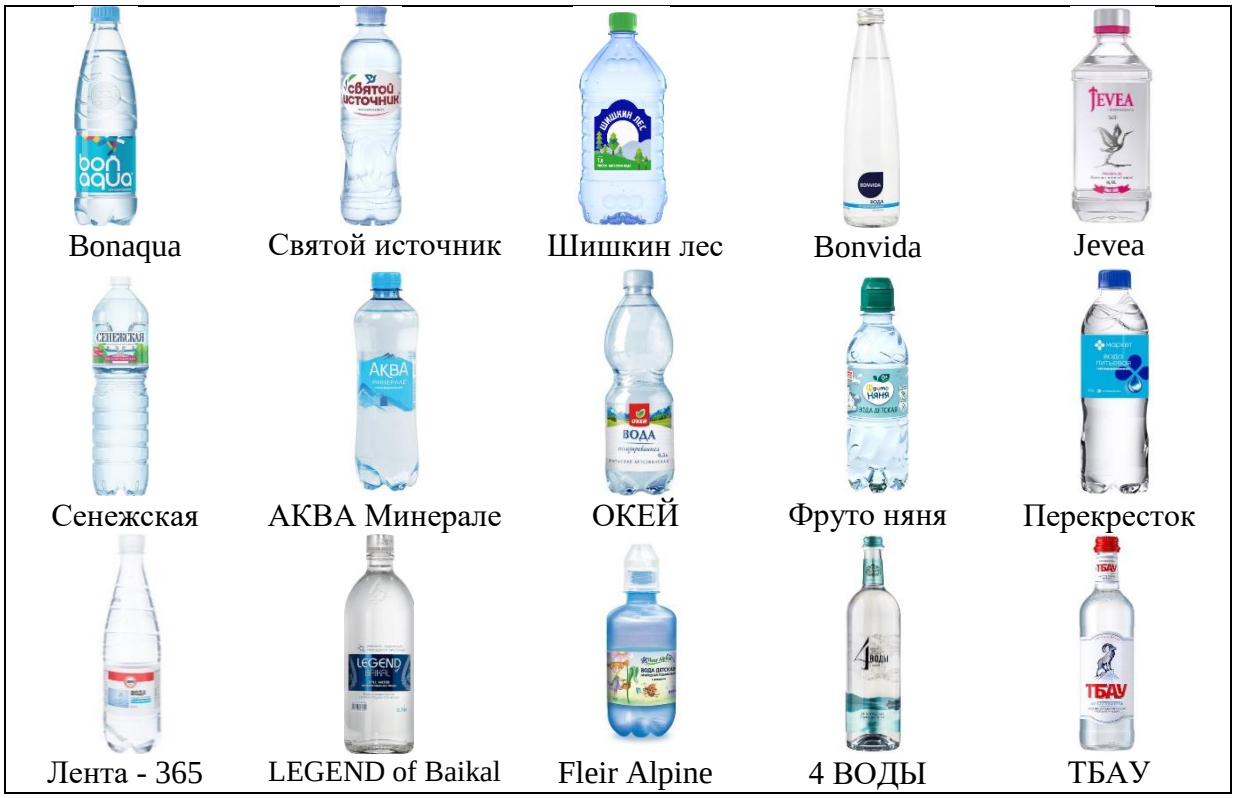

Рисунок 2.1.1. Отобранные бренды питьевой бутилированной воды

В таблице 2.1 представлены ценовые характеристики основных проб, их объем и пластиковый состав бутылок.

Таблица 2.1 – Характеристики проб бутилированной воды объемом 0,5 литра

№	Образец	Цена, руб	Состав			Объем, л
			Бутылка	Крышка	Пр. пластик	
1	BONVIDA	45	Стекло - [70]	Алюминий - [41] Подложка - ПП [5]	Этикетка, наклейка на крышке	0,33
2	Шишкин лес	33	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Зеленая - ПЭНД [2]	Наклейка-этикетка, наклейка на крышке	0,4
3	Святой источник	26	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Голубая - ПЭНД [2]	Этикетка, наклейка на крышке	0,33
4	АКВА минерале	55	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Голубая - ПЭНД [2]	Этикетка	0,5
5	Фруто Няня	36	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Колпачок темно- зеленый - ПЭНД [2] Подложка - ПП [5]	Этикетка, наклейка на крышке	0,33
6	Fleir Alpine	156	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Прозрачная - ПП [5]	Наклейка-этикетка	0,25
7	Bona aqua	43	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Голубая - ПЭНД [2]	Этикетка	0,5
8	Сенежская	27	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Прозрачная/белая - ПЭНД [2]	Этикетка	0,5
9	Jevea	75	ПЭТ (прозрачная) - [1]	Розовая - ПЭНД [2] Подложка (прозрачная) - Прочее [7] Алюминиевое покрытие - [41]	Наклейка-этикетка, наклейка на крышке	0,5
10	Маркет (перекресток)	19	ПЭТ (прозрачная) - [1]	Синяя - ПЭНД [2]	Этикетка, наклейка на крышке	0,5
11	365 дней - Лента	16	ПЭТ (прозрачная) - [1]	Белая - ПЭНД [2]	Этикетка, наклейка на крышке	0,6
12	Окей	19	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Белая - ПЭНД [2]	Этикетка, наклейка на крышке	0,5
13	ТБАУ	40	Стекло - [70]	Алю (красный) - [41] Подложка - ПП [5] Кольцо (красное) - ПЭНД [2]	Наклейка-этикетка, наклейка на крышке	0,5
14	4 ВОДЫ	100	Стекло - [70]	Алю- [41] Подложка - ПП [5] Кольцо (белое) - ПЭНД [2]	Наклейка-этикетка, наклейка на крышке	0,375
15	Legend of Baikal	124	Стекло - [70]	Синяя - ПЭНД [2] Подложка (прозрачная) - Прочее [7] Алюминиевое покрытие - [41]	Наклейка-этикетка, наклейка на крышке	0,75

где,

[1] – PET/PETE (ПЭТ). Полиэтилентерефталат. Это пластик, из которого изготавливают бутылки, одноразовую посуду

[2] – PEHD, HDPE (ПЭНД). Полиэтилен высокой плотности. Изготавливаются пластиковые бутылки от напитков, крышки от бутылок.

[5] – PP (ПП). Полипропилен. Используется в изделиях, от которых требуется гибкость и прочность. Упаковка, крышки для бутылок, одноразовая посуда.

[7] – OTHER (ПРОЧЕЕ). Другое и разное. Все остальные товары, которые не входят в основные категории пластика. Подложка для крышек бутылок, для предметов многоразового использования.

[41] – ALU (АЛЮМИНИЙ). Пригодный для переработки. Крышки для бутылок.

[70] – GL (СТЕКЛО). Бесцветное стекло. Используется для производства бутылок.

В таблице 2.2 представлены характеристики дополнительных образцов объемом 1,5 л.

Таблица 2.2 – Характеристики проб бутилированной воды объемом 1,5 литра

№	Образец	Цена, руб	Состав			Объем бутылки, л
			Бутылка	Крышка	Пр. пластик	
1	Святой источник	55	ПЭТ (прозрачно-голубая) - [1]	Голубая - ПЭНД [2]	Этикетка, наклейка на крышке	1,5
2	BONVIDA	50	ПЭТ (прозрачная) - [1]	Синяя - ПЭНД [2]	Наклейка-этикетка, наклейка на крышке	1,5
3	Фруто няня	48	ПЭТ (прозрачная) - [1]	Бирюзовая - ПЭНД [2]	Этикетка, наклейка на крышке	1,5
4	365 дней - Лента	59	ПЭТ (прозрачная) - [1]	Белая - ПЭНД [2]	Этикетка, наклейка на крышке	1,5

Водопроводная вода

Также было проведено исследование питьевой водопроводной воды. Было отобрано 10 проб из-под кухонных кранов с нефильтрованной водой жилых домов таким образом, чтобы были охвачены все части города, как наиболее близко расположенные к центру Санкт-Петербурга, так и с его окраин. Образцы были взяты со станций метро: Академическая, Комендантский проспект, Купчино, Ладожская, Ломоносовская, Новочеркасская, Обводный канал, Пионерская, а также с намыва Васильевского острова и округа Петергоф (рисунок 2.1.2).

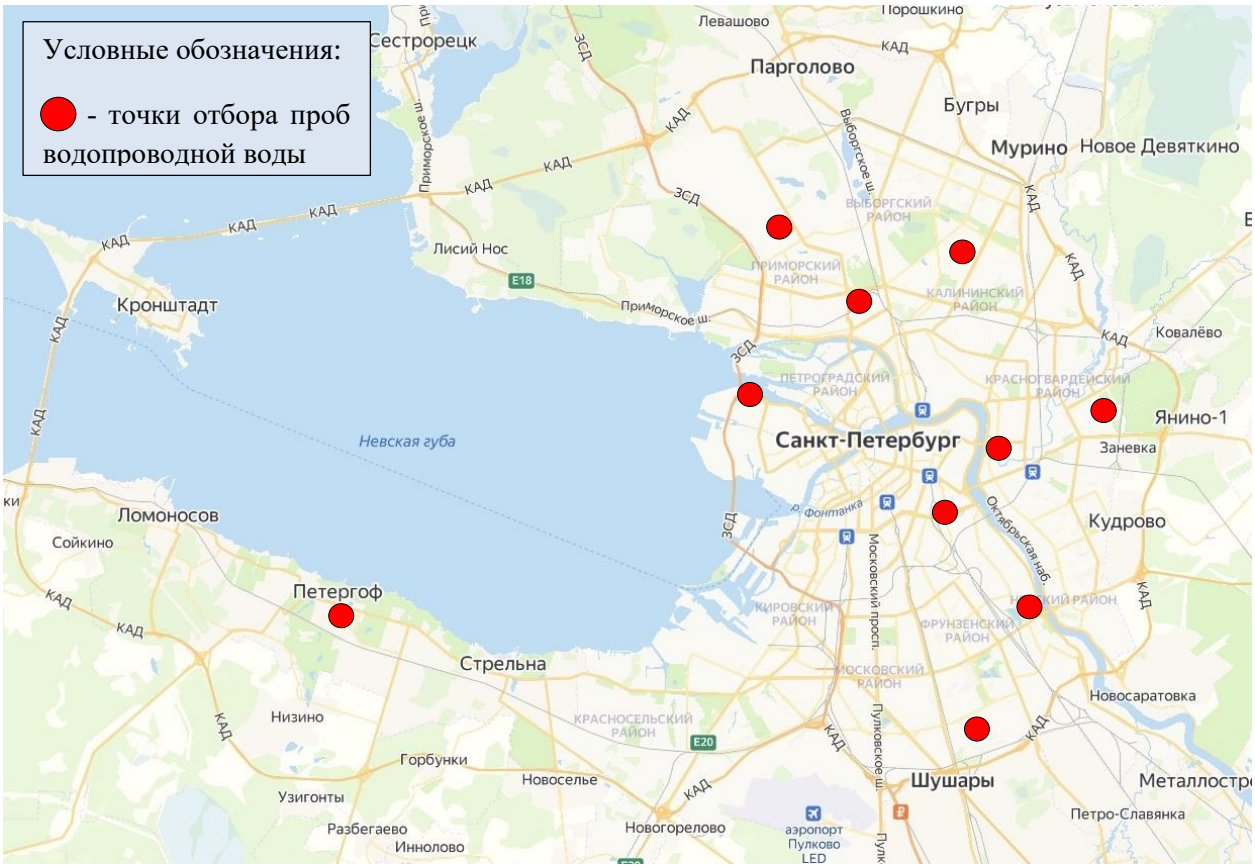

Рисунок 2.1.2. Точки взятия проб водопроводной воды

2.2 Методы лабораторных исследований

Бутилированная и водопроводная вода пропускались через мембранный фильтр из стекловолокна (диаметр пор 0,45 мкм) с помощью системы вакуумной фильтрации (рисунок 2.2.1) в условиях чистой лаборатории (ПластикЛаб РГГМУ) с обязательным контролем внешнего загрязнения на всех этапах работы (просмотр холостых фильтров и вычитание однотипных волокон при их нахождении в образцах). Фильтры после высушивания просматривались под стереомикроскопом (увеличение 45х), с тестированием потенциальных пластиковых частиц горячей иглой (рисунок 2.2.2). Нижний предел определения составил 50 мкм.

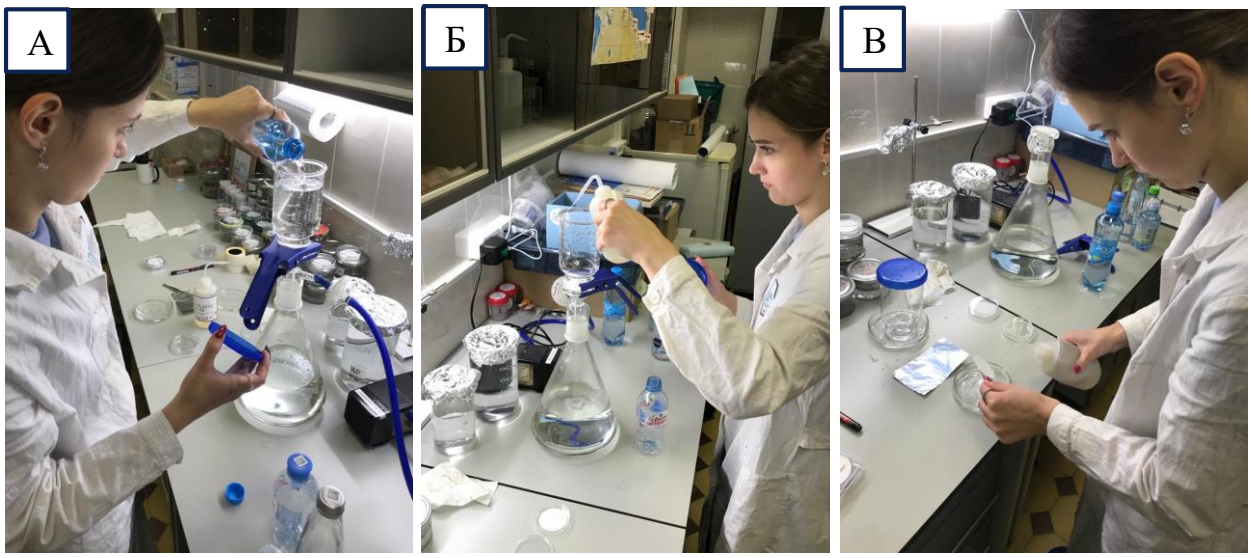

Рисунок 2.2.1. Система вакуумной фильтрации. А) Пропускание образов через мембранный фильтр с помощью системы вакуумной фильтрации; Б) Промывание чаши фильтрованной водой; В) Промывание фильтров от внешних загрязнений

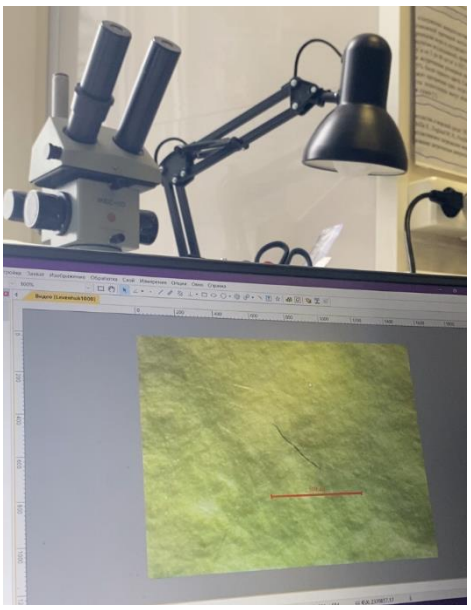

Рисунок 2.2.2. Просмотр фильтров под стереомикроскопом

Метод горячей иглы

Этот метод особенно полезен, когда трудно разобраться, какой из объектов – пластик, а какой – органический материал. Использование горячей иглы эффективно, когда фрагменты разбросаны. Но при их близкому расположению друг к другу, провести экспертизу может быть достаточно затруднительно. Нужно убедиться, чтобы игла была максимально нагретой и держать ее к фрагменту на минимальном расстоянии, не загораживая зрительный обзор. Пластиковый фрагмент под воздействием высокой температуры начнет плавиться и скручиваться, в то время как непластиковые частицы не среагируют и останутся без изменений (рисунок 2.2.3). При недостаточно высокой температуре иглы изменения могут быть незаметны, даже если фрагмент пластиковый. Рекомендуется применять данный метод в сочетании с другими характеристиками пластиковых фрагментов. Если состав фрагмента вызывает сомнения, следует аккуратно извлечь его и внимательно изучить под составным микроскопом, где биологические структуры будут более очевидными [24].

Также необходимо учитывать, что некоторые микропластиковые объекты могут обладать особыми свойствами, делающие их более устойчивыми к высоким температурам. В таком случае, пластик может не среагировать на тест с горячей иглой, приводя к ошибочному выводу. Поэтому, чтобы увеличить точность исследований, рекомендуется проводить тест несколько раз на разных участках фрагмента и сравнивать результаты с характеристиками известных пластиков. Можно использовать дополнительные методы анализа, например, исследование под ультрафиолетовым излучением или проверка на прочность под нагрузкой.

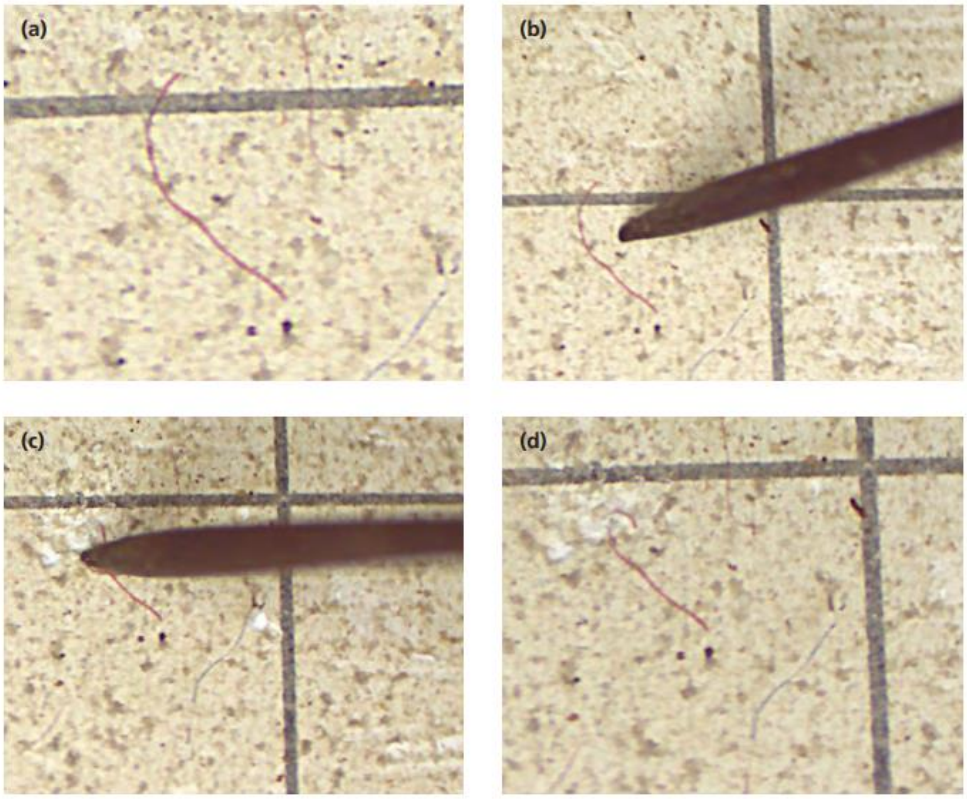

Рисунок 2.2.3. Испытание горячей иглой на красной нити: (a) – предварительное испытание; (b) – подход горячей иглы; (c) – горячая игла в непосредственной близости; (d) – конечный результат: нить прореагировала и свернулась под воздействием тепла

Контроль контаминации

Контроль потенциального воздушного загрязнения образцов имеют важное значение при отборе проб, их обработке и анализе в лаборатории. На протяжении всего лабораторного исследования используется несинтетическая одежда и хлопчатобумажные лабораторные халаты, а также стеклянные или металлические лабораторные принадлежности. Перед использованием все лабораторное оборудование тщательно промывают чистой водой. Обработку проб проводят в вытяжном шкафу, за исключением фильтрования через сита. В нерабочем состоянии образцы накрывают алюминиевой фольгой или стеклянными крышками от чашек Петри, во избежание попадания волокон.

Для оценки загрязнения во время обработки образцов в лаборатории перед каждой обработкой образцов 100 мл очищенной воды фильтруется через чистый стекловолоконный фильтр и анализируется. Также один холостой фильтр помещали во время фильтрации и на стол возле стереомикроскопа во время микроскопического анализа. Оба фильтра анализируются как образцы и одинаковые частицы в анализируемых пробах исключаются [25].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования на наличие микропластика 15 отобранных образцов бутилированной воды и 10 образцов водопроводной, микрочастицы были обнаружены в обоих видах питьевой воды.

Бутилированная вода

Почти во всех образцах питьевой бутилированной воды микропластиковых частиц зафиксировано не было, за исключением трех образцов в ПЭТ бутылках, где было найдено по одной частице в каждом, такие как: «Святой источник», «Фруто Няня», «BONVIDA» (1,5 л). В образцах из стеклянных бутылок МП частиц зафиксировано не было.

Также, помимо микропластиковых частиц, были найдены различных цветов волокна антропогенного происхождения (все не микропластиковые частицы). Наибольшее количество частиц было найдено в образцах детской воды "Фруто няня" и «Fleur Alpine», концентрация антропогенных частиц которых составила 6 шт/л и 8 шт/л соответственно, из чего следует, что производители этих брендов недостаточно качественно подготавливают и стерилизуют оборудование для розлива воды по бутылям. Образцы детской воды оказались наиболее загрязненными, тем самым не рекомендуются к употреблению.

Не рекомендуется пить воду марки «Лента 365», из-за некачественной угольной фильтрации в обоих образцах (0,5 и 1,5 литра) обнаружилось множество обугленных микрочастиц. Также в образце 0,5 л была найдена маленькая песчинка.

Самыми чистыми образцами, где не было зафиксировано ни одной частицы, оказались бренды производителей «Окей», «Сенежская», «Jevea» –

ПЭТ бутылки, а также «4 ВОДЫ», «ТБАУ», «Legend of Baikal» – образцы из стеклянных бутылок. Данные марки воды рекомендуются к потреблению.

Водопроводная вода

В водопроводной воде микропластик был зафиксирован во многих образцах, высокие концентрации микропластика обнаружены в домах, находящихся в районе станций метро Ладожская и Обводный канал – 4 шт/л (по 2 частицы на каждую пробу).

Также во всех образцах были обнаружены антропогенные микрочастицы, в некоторых зафиксированы песчинки и агрегаты из микропластика. Самыми загрязненными оказались точки отбора воды, находящиеся рядом со станциями метро: Пионерская, где концентрация антропогенных частиц составила 28 шт/л; Комендантский проспект – 22 шт/л и Ладожская – 20 шт/л. Также в большинстве образцов была обнаружена ржавчина и исходящий из фильтров несильный металлический запах, наиболее ржавая вода была в домах на Ладожской, Академической и Комендантском проспекте.

Пить сырую водопроводную воду, необработанную дополнительными фильтрами и термической обработкой, крайне не рекомендуется в районах станций метро Ладожская, Комендантский проспект, Академическая и Пионерская. Однако в других районах пить сырую воду также не рекомендуется.

Питьевая вода, проходящая через систему очистных сооружений и трубопроводы, не дает 100-процентную гарантию очистки от микрочастиц. При выходе из станции водоподготовки вода считается чистой по нормативам. Однако в эти нормативы микропластик не входит. Исследуя образцы водопроводной воды, наличие ржавчины говорит о плохом состоянии труб, и,

вероятно, все загрязнения приобретаются на пути воды от водоподготовки к потребителю.

Рекомендации

В связи с тем, что мы пытаемся минимизировать количество микрочастиц в пище и воде, чтобы обезопасить себя от попадания частиц в организм, следует принимать следующие меры:

Производителям бутилированной воды следует уделять большее внимание водоподготовке, усилить меры защиты от попадания в воду микроволокон при розливе воды в бутылки.

В жилых домах следует установить дополнительные фильтры или сита диаметром ячеек 0,2-0,1 мм для улавливания микрочастиц размером до 50 мкм.

Также следует заменять старые водопроводные трубы в жилых домах и квартирах во избежание воды с неприятным цветом и запахом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Географическое положение. // Администрация Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. — URL: http://migrantinfo.kmormp.gov.spb.ru (дата обращения: 04.03.2024).

2. Санкт-Петербург // Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. — URL: https://bigenc.ru/c/sankt-peterburg-168d03 (дата обращения: 02.05.2024).

3. St. Petersburg - Russia // Britannica [Электронный ресурс]. — URL: https://www.britannica.com/place/St-Petersburg-Russia (дата обращения: 15.04.2024).

4. Климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области // ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. — URL: http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=2 (дата обращения: 03.04.2024).

5. Климат и природные ресурсы // Администрация Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. — URL: https://www.gov.spb.ru/helper/day/klimat (дата обращения: 15.04.2024).

6. Характеристика климата Санкт-Петербурга // Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. — URL: https://www.infoeco.ru/index.php?id=1091 (дата обращения: 27.04.2024).

7 Санкт-Петербург // НЕВСКО-ЛАДОЖСКОЕ БАССЕЙНОВОЕ ВОДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ [Электронный ресурс]. — URL: https://www.nord-west-water.ru/activities/water_objects/protection_activities/spb/ (дата обращения: 21.04.2024).

8. Водные ресурсы Санкт-Петербурга // Природа России [Электронный ресурс]. — URL:

http://www.priroda.ru/regions/water/detail.php?SECTION_ID=292&FO_ID=500&ID=5983 (дата обращения: 14.04.2024).

9. Р. А. Нежиховский. Река Нева и Невская губа. Л., Гидрометеоиздат, 1981. 112 стр., и илл.

10. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. Атлас / ред. В.А. Румянцев. — СПб.: Нестор-История, 2015. — 200с.

11. Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби

12. КАК УТИЛИЗИРУЮТСЯ ТБО ПОСЛЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С РЕШЕТОК // НПО АГРОСТРОЙСЕРВИС [Электронный ресурс]. — URL: https://acs-nnov.ru/kak-utiliziruyutsya-tbo.html (дата обращения: 03.05.2024).

13. 90% на свалку: какие проблемы у переработки пластика в России // НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕРВИСА [Электронный ресурс]. — URL: https://nangs.org/news/ecology/90-na-svalku-kakie-problemy-u-pererabotki-plastika-v-rossii (дата обращения: 24.05.2024).

14. Пластиковое загрязнение // Русское географическое общество [Электронный ресурс]. — URL: https://www.rgo.ru/ru/article/plastikovoe-zagryaznenie (дата обращения: 08.05.2024).

15. Пластиковое загрязнение Мирового океана. Учебное пособие / А.А. Ершова, Т.Р. Ерёмина. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2022. – 170 с.

16. HELCOM 2014, BASE project 2012-2014: Preliminary study on synthetic microfibers and particles at a municipal wastewater treatment plant

17. Campanale C, Massarelli C, Savino I, Locaputo V, Uricchio VF. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern

on human health. Int J Environ Res PPublic Health. 2020;17(4):1212. doi: 10.3390/ijerph17041212

18. Системы и структуры водоснабжения // Администрация Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. — URL: https://www.gov.spb.ru/ (дата обращения: 27.03.2024).

19. Водоснабжение // ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. — URL: https://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/tehnologii_ochistki (дата обращения: 30.03.2024).

20. Методы очистки сточных вод / К. К. Головко, Р. А. Ворошилин, С. С. Голубева, В. В. Маклюк // Кузбасс: образование, наука, инновации: Материалы XI Инновационного конвента, Кемерово, 08 февраля 2023 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. – С. 321-323.

21. Очистка сточных вод: загрязняющие вещества, методы, сооружения // ОБГУ «Облкомприрода» [Электронный ресурс]. — URL: https://ogbu.green.tsu.ru/?p=4838 (дата обращения: 01.04.2024).

22. Физико-химическая очистка // Гидрикс [Электронный ресурс]. — URL: https://hydrig.ru/oborudovanie/fiziko-himicheskaya-ochistka/ (дата обращения: 03.04.2024).

23. Производство воды // Северянка [Электронный ресурс]. — URL: https://severyanka.spb.ru/proizvodstvo-vody/ (дата обращения: 21.04.2024).

24. Shaw Institute (2019). Guide to microplastics identification: A comprehensive methods guide for microplastics identification and quantification in the laboratory [Электронный ресурс]. — URL: www.shawinstitute.org

25. Misnra A. Buhhaiko M. Lind K Lips I, Libik T, Var Gi and Lios U (2022) Spatiotemporal Variability of Microplastics in the Eastem Baltic Sea. Front. Mar. Sol. 3:375984. doi: 10.3389/fmars.2022.875984edited 18:26

26. S. A. Mason, V. G. Welch, J. Neratko, Synthetic polymer contamination in bottled water. Front. Chem. 6, 407 (2018).

27. Д. Канканиге, С. Бабель, Загрязнение микропластиком (МП) меньшего размера в одноразовой воде в ПЭТ-бутылках в Таиланде. наук. Тотальная среда. 717, 137232 (2020).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

№	Образец	Место добычи	Этапы производства
1	BONVIDA	нет данных	нет данных
2	Шишкин лес	Артезианские скважины в поселке Шишкин лес, глубина которых 75-77 м.	Добыча - защита водоупорными слоями от сточных поверхностных вод
			Водоподготовка - вода проходит очистку через механические и угольные фильтры, обеззараживается ультрафиолетом
			Розлив - готовые ПЭТ-бутылки поступают в разливную машину, заполняются водой и укупориваются
			Маркировка, упаковка
3	Святой источник	Артезианские скважины в Костромском источнике, глубина 120 м.	Водоподготовка -технология ECOair бережно очищает воду потоком воздуха и сохраняет её природный состав с оптимальным соотношением солей и микро-элементов
			Розлив - Весь свой путь, вплоть до бутылок, вода проходит по трубам из высококачественной пищевой нержавеющей стали. Такая сталь отличается максимальной химической стойкостью и исключает любую возможность реакции с водой.
4	АКВА минерале	Вода добывается в Московской области из артезианской скважины, глубиной более 300 метров.	Водоподготовка - вода проходит через ряд песочных фильтров. Фильтры состоят из следующих слоёв: гравийного и кварцевого. Затем вода попадает в агрегат обратного осмоса, где проходит через ряд полировочных фильтров.
5	Фруто Няня	Добывается из подземных скважин, расположенных на глубине 100 м в г. Липецке.	Водоподготовка- очистка воды методом обратного осмоса, обеззараживание в потоке лампами УФ, обеззараживание воды Озоном.
			Розлив - вода разливается в стерильные ПЭТ-бутылочки, и герметично укупоривается.
6	Fleir Alpine	Источник Сойзенштайн в высокогорной части Австрийских Альп	нет данных
7	Bona aqua	Нет данных	нет данных
8	Сенежская	Добывается в Солнечногорском районе Московской области, глубина скважины — 230 метров	Водоподготовка - процессы обезжелезивания и аэрация, фильтрация на картриджных фильтрах. УФ излучение
			Розлив воды - разлив по ПЭТ-бутылям
			Упаковка и переработка втор сырья

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

№	Образец	Место добычи	Этапы производства
9	Jevea	Добывается из подземного карстового озера в Вичугском районе Ивановской области	На заводе используется новейшая уникальная технология розлива воды в бутыли — напрямую из скважины без контакта с атмосферой
10	Маркет (перекресток)	нет данных	Нет данных
11	365 дней - Лента	нет данных	нет данных
12	Окей	нет данных	нет данных
13	ТБАУ	Добыча из подземных вод более чем 2000 метров	Водоподготовка - воду озонируют, пропускают через ультрафиолетовые лучи и разливают в удобную тару
14	4 ВОДЫ	Артезианская вода добывается в предгорье Северного Кавказа из источника, расположенного неподалёку от черноморской бухты Дюрсо.	нет данных
15	Legend of Baikal	Добывается с глубины 400 метров. Иркутская область, Слюдянский район, п. Байкал, недалеко от притока реки Ангары.	нет данных