



Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта победителя I степени

Название работы – Очистка сточной воды от нано и микропластика.

Автор – Жаркеш Дания Нурахметқызы, 10 класс, НИШ ХБН г. Павлодар, Казахстан.

Руководитель – Заканова Асель Наурызбаевна, учитель биологии, НИШ ХБН г. Павлодар, Казахстан.

Основная идея работы, цели, задачи

Одна из главных экологических угроз на нашей планете является засорение пластиком различных природных ресурсов. Каждую минуту в мире продается около миллиона бутылок с водой или различными напитками. Для переработки собираются меньше половины выпущенных бутылок [1].

По статистике человек за год использует около ста килограмм пластика, обычно в виде упаковки. Каждый год в океан сбрасываются около 10-20 млн тонн пластмассы. Пластик разлагается очень медленно. Так например, полиэтилен распадается от 100 до 400 лет [2], в зависимости от его вида и температуры окружающей среды. Длительный срок разрушения увеличивает вероятность попадания и накопления его в телах и тканях многих организмов.

Для решения проблемы – очистки воды от пластика – есть много путей, но они сводятся в основном к двум: первый – это создание новых видов пластмасс и материалов, разлагающихся в природе и невредных для всего живого; второй – совершенствование действующих и создание новых эффективных методов и технологий для очистки воды от пластика.

Современные производители стали предлагать так называемые биоразлагаемые пакеты из оксо-биоразлагаемого пластика, в который введена специальная добавка, ускоряющая его распад на мелкие частицы. Эти частицы являются тем же пластиком, которые гораздо быстрее проникнут в почву, грунтовые воды, организмы животных и человека. Распадаясь всё сильнее, они превращаются в пластиковую пыль, образуя так называемый “микропластик” или “нанопластик” в зависимости от размера. Пластик размеров от 1 до 100 нм/ 0,1 мкм относят к нанопластикам [3]. Увидеть его невооруженным глазом в питьевой воде невозможно. Однако по последним данным [4] он является одним из самых вредоносных видов пластмассы. Это прекрасный искусственный адсорбент, впитывает разные вещества, с которыми соприкасается. Например, всасывает в себя токсичные загрязнители из воды, в которой плавает: полихлорированные бифенилы и пестициды. Ученые из Миннесотского университета провели исследования, в которых пришли к выводу, что микрочастицы пластика можно найти в воде практически в любой точке мира [4].

В научной работе используются технологии позволяющие контролируемым способом улучшить качество питьевой воды, очищая и извлекая наноматериалы.

Активированный уголь содержит множество микротрещин и пор. Поскольку любое пустое пространство стремится быть заполненным, эти поры постепенно заполняются загрязнителями, во время очистки воды. Поэтому мы предположили, метод фильтрации на основе агрегатопоники с использованием активированного кокосового угля является наиболее эффективным для задержки микропластика.

В представленном исследовании рассмотрен метод очистки питьевой воды от следов нано- и микропластика (нанообъекты) с целью непопадания его в организм человека.

Задачи исследования:

1. Проанализировать существующие исследования по наличию нано и микропластика в воде;
2. Описать методику определения нано и микропластика в косметических продуктах;
3. Исследовать шампуни, зубные пасты различных марок на содержание нано и микропластика;
4. Изучить литературу о структуре фильтров для питьевой воды.
5. Конструирование на основе полученных данных, а также применение фильтра, способного задерживать частицы нано и микропластика;
6. Анализ очищенной воды методом спектрометрии и колориметрии для определения эффективности работы фильтра.

Мировой океан содержит в себе около 13 миллионов тонн мусора. Около 90% всех морских птиц едят пластиковые отходы [5]. Пластик способствует гибели рыб, птиц и черепахи.

Микропластик - это тип пластикового фрагмента размером не более 5 мм. По типу попадания в окружающую среду микропластик можно классифицировать на две группы. К первой группе относят кусочки пластмассы, которые добавляют в косметику, бытовую химию, при производстве тканей и других подобных продуктов. При использовании эти частицы смываются и попадают в сточные воды, а затем и в круговорот воды в природе.

Ко второй группе относят результат распада пластиковых предметов, например из полиэтилентерефталат или полиметилметакрилат. Эти мелкие частицы могут поглощать и содержать в своем составе ядохимикаты. Микропластик – это прекрасный искусственный адсорбент, он впитывает разные вещества, с которыми соприкасается. Например, он всасывает в себя токсичные загрязнители из воды, в которой плавает: полихлорированные бифенилы и пестициды. Также микропластик может повредить ткани организма, так как он является мелким абразивом (твердое вещество для шлифовки и полировки металлов).

Немецкие ученые нашли микропластик даже в самом необъяснимом месте – в отдаленных районах Арктики в снегу на льдинах. Там примерно на литр приходилось 14400 частиц, а в Баварии на сельских дорогах было найдено самое максимальное соотношение частиц на литр: 154000 частиц на литр [6].

Согласно независимому исследованию некоммерческой организации Orb Media, проанализировав химический состав в общей сложности 250 видов бутилированной воды крупнейших мировых брендов, 93 % из них содержали частицы микропластика. Была протестирована вода следующих марок: Aquafina, Evian, Nestle Pure Life и другие. Шерри Мейсон из State University of New York at Fredonia, исследовав воду на наличие микропластика, обнаружила там полипропилен, нейлон и полиэтилентерефталат (ПЭТ).

В 2008 году в Сиднее экотоксиколог провел эксперимент с мидиями. Он заключался в том, что вначале нужно было поместить мидий в морскую воду, содержащую микропластик. Потом их выпускают в чистую воду и наблюдают, выводится ли микропластик из организма и за какой промежуток времени. По результатам его исследования, микропластик попадал в кровь через кишечник за 3 дня и оставался там более чем полтора месяца. После из организма выводились некоторые крупные частицы, но мелкие продолжали накапливаться. Также он заметил, что микропластик может нанести очень серьезные повреждения.

Например трение и удары частиц о стенки внутренних органов может привести к воспалению [6].

Для того, чтобы можно было пить воду не опасаясь проблем со здоровьем, ее нужно фильтровать. Сегодня существует очень много различных по своей конструкции, функциях фильтров. Бывают кувшинные, стационарные, обратноосмотические, а также насадки на кран. Важно отметить, что такие фильтры являются сами источниками пластиковых отходов. При неправильном использовании могут образовывать частицы микропластика, которые попадут в фильтрованную воду. Главной особенностью разрабатываемого фильтра является его экологичность, поэтому мы предположили, что метод фильтрации на основе агрегатопоники с использованием активированного кокосового угля является наиболее эффективным для задержки нано и микропластика.

Нанообъектом исследования является: нано и микропластик, содержащийся в образцах воды. Исследуемым *предметом* являются свойства активированного угля и семян ржи задерживать нанообъекты. Растение было выбрано в качестве удерживающего агента частиц угля с целью повышения уровня фильтрации. Рожь относится к классу однодольных растений, которые имеют мочковатую корневую систему и характеризуются тонкими многочисленными корнями.

Основные результаты

Исследования проводились при 3 кратном повторе в лабораторных условиях по следующим показателям:

1. Микроскопический метод анализа средств содержащих микропластик;
2. Проектирование очистного фильтра;
3. Фильтрация материалов содержащих следы микропластика;
4. Колориметрия разных проб воды (с нано и микропластиком и после фильтрации);
5. Спектрометрия разных проб воды (с нано и микропластиком и после фильтрации).

Световая микроскопия

Для приготовления временного микропрепарата, возможно содержащего нано и микропластик из косметических средств, использовались предметные стекла, на которые наносились очень тонкие мазки различных косметических средств, для того чтобы микроскоп пропускал хорошо свет.

Для каждой пробы использовалось отдельное предметное стекло и, держа его за боковые грани, размещали в центре стекла объект исследования (различные косметические средства). Пипеткой набирали немного средства и наносили на стекло 1-2 капли. Размазывали капли по предметному стеклу с помощью чистого шлифованного стекла, помещая его под углом 45°; коротким ребром, подождав, пока все средство расплывется по нему. Как только средство растекалось по ребру, быстрым движением от капли проводят по предметному стеклу. Не следовало сильно нажимать на стекло, чтобы достичь равномерного распределения. После приготовления мазки быстро сушили на воздухе до исчезновения влажного блеска. Подсушить мазок можно, подержав его над лампой или помахав им в воздухе.

Готовый микропрепарат размещали на предметном столике микроскопа и рассматривали его в начале при малом увеличении, а затем при большем. Каждый образец изучали 3 раза, с целью достоверных результатов. На рисунке 1 отчетливо видны частицы микропластика

размером от 50 мкм до 200 мкм. При рассмотрении невооруженным глазом данные средства имеют однородный окрас и консистенцию.



*Рис.1. Микропластик в скрабе
Чистая линия Splat*



*Рис.2. Микропластик в
шампуне Tutti Fruti*



*Рис.3. Микропластик в
зубной пасте*

Микроскопический анализ показал, что в 80% изученных средств найдены следы микропластика. Наиболее часто он встречается в зубных пастах, делается это с целью улучшения абразивных качеств.

На упаковках данных средств, микропластик часто обозначался как Acrylates Copolymer, Polyquaternium. Микропластик в косметических средствах характеризуется размерами до 200 мкм, некоторые образцы имеют цвет: от красного до зеленого, но большинство из них бесцветны. Обычно микропластик имеет острые края, форма чаще всего бывает неправильная: ломаная, с острыми неровными краями. Свет проходит через фрагменты микропластика свободно, делая его хорошо заметным в световой микроскоп через проходящий свет. В качестве контрольного образца, в котором присутствуют крупные следы микропластика был взят скраб для лица марки “Чистая линия” (Рисунок 1).

Проектирование очистного фильтра

Главной нашей целью является создание фильтра, особенностью которого эффективная задержка как минимум 95% частиц микропластика. При изучении уже существующих портативных фильтров для воды, было обнаружено, что главным их недостатком является образование “проходов”, по которым вода протекает быстро и как следствие плохо фильтруется. Особенностью же нашего фильтра является отсутствие так называемых “проходов” благодаря наличию тонких корней растений.

Был разработан сорбционный проточный фильтр, основным компонентом которого является многоразовый корпус картриджа, изготовленный из керамики. Картридж заполнен активированным углем, полученным из кокосового дерева. В верхнем отделе картриджа располагается семя ржи. Общая масса активированного угля в картридже - 300г , масса семян ржи составляет- 35г.

Вода в картридже фильтруется путем “грубой” очистки, т.к. в нем используется крупные частицы угля размером до 0,5 см. Помимо крупных частиц находятся более мелкие частицы активированного угля, которые исполняют роль абсорбента. Корни растений, которые держат уголь вместе обеспечивают отсутствие протоков для воды, чем улучшают фильтрацию.



Рис.4. Целостность фильтра

Особенностью фильтра является его экологичность, т.к. он выполнен без применения каких либо синтетических средств. Корни крепко удерживают фрагменты угля, что обеспечивает улучшение фильтрации воды.

Как было сказано ранее, в качестве предмета исследования выступала вода с примесью микропластика, полученного из косметических средств. Количество воды с микропластиком, пропускаемой через фильтр каждый день - 500мл. Концентрация этого раствора составляла 5 %, т.е. 10 гр шампуня на 200 мл воды.

Эксперимент проводился в течении 2 недель и повторялся 3-хкратно. Выявлен оптимальный срок службы фильтра 4 недели, в течении которых сохраняется пропускная способность фильтра, эффективно удерживается микропластик и получаемая вода соответствует всем органолептическим показателям питьевой воды.

Микроскопия фильтрованной воды

Для оценки эффективности фильтрации воды и способности очищать ее от микропластика был проведен лабораторный анализ воды на 7 день использования разработанного фильтра. Микроскопический анализ показал отсутствие следов микропластика в профильтрованной воде (см. Рисунок 5,6).

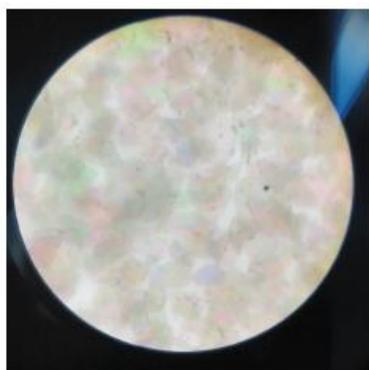


Рис.5. Вода с микропластиком до фильтрации

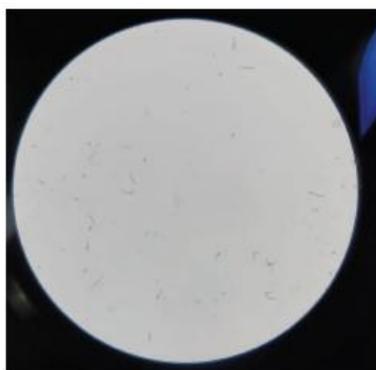


Рис.6. Вода после фильтрации

Для определения эффективности очистки от нанопластов разработанным экологическим фильтром были проведены исследования методом спектрофотометрии и спектрометрии.

Спектрофотометрия

Следующим этапом был проведен физический метод химического анализа основанный на определении концентрации вещества по интенсивности окраски раствора. Абсорбционная спектрометрия обладает высокой чувствительностью, предел определения и обнаружений частиц низок и результаты очень точны. Этот метод определяет примеси до 0,00001 - 0,000001 %.

Анализ проб воды проводилось стандартным методом, с использованием спектрофотометра и прилагаемых к нему кюветов. На рисунке 7 изображены кюветы с образцами. Под номером 1 находится чистая дистиллированная вода, под номером 2 вода до фильтрации с примесью нано и микропластика, под номером 3 вода с нано и микропластиком после фильтрации с использованием разработанного экологического фильтра.

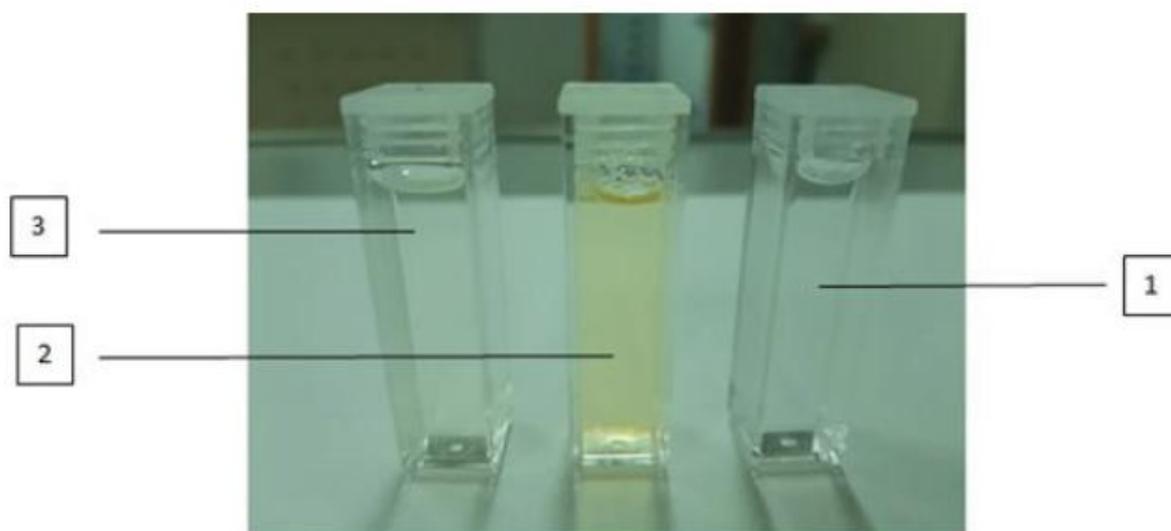


Рис.7. Кюветы с образцами

Исследование проводилось на 4-х длинах волн: 340, 546, 628 и 800 нанометров. Каждая длина волны обладает своим поглощением световых потоков, которое она может пропускать. Остальные она же поглощает. Длина волны отличается так как, на них действуют разные спектры.

Анализ показал, что у нефильтрованного раствора (проба 2) абсорбция выше на всех длинах волн, так как раствор грязнее и мутнее, из-за частиц, которые мешают прохождению световых лучей. На длине волны равной 340 нанометров, абсорбция равна 1.135. На длине 546 нанометров, абсорбция равна 0.854. На рис. 9 изображена спектрометрия раствора до фильтрации.

Рис. 10 показывает результаты колориметрии раствора после фильтрации. По полученным данным, видно, абсорбция стала намного меньше. До фильтрации Abs на волне 340 нанометров была равна 1.135, а после фильтрации Abs = 0.170. На длине 546 нанометров Abs до фильтрации = 0.854, а после фильтрации Abs = 0.097. Это показывает, что после фильтрации раствор стал намного чище. Это значение очень близкое к чистой воде (Abs на длине 340 нм = 0.140 и Abs на длине 546 нм = 0.105).

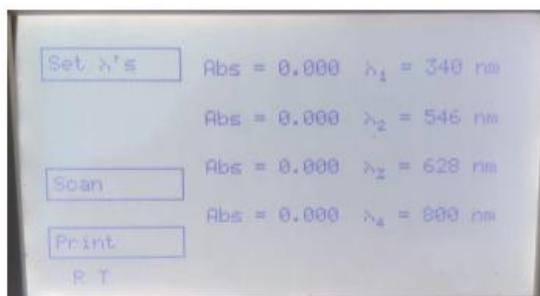


Рис.8. Проба 1 - дистиллированная вода

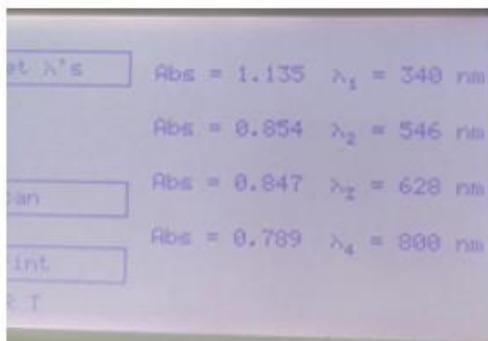


Рис.9. Проба 2 – раствор до фильтрации

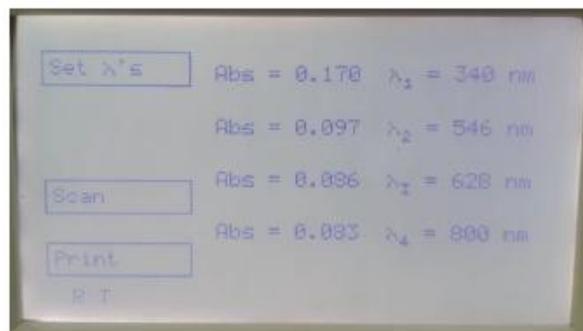


Рис.10. Проба 3 – раствор после фильтрации

Результаты показывают, что количественное содержание веществ в растворе пробы 2 выше, чем в растворе пробы 1 и 3 на всех длинах светового потока. Это говорит о том, что веществ в воде пробы 3 после фильтрации значительно меньше, чем в образце 2 до фильтрации.

Масс-спектрометрия

Следующим этапом проводилось исследование растворов методом, основанным на определении отношении массы к заряду ионов, образующихся при ионизации компонентов пробы. В пробе 2 (раствор до фильтрации) присутствовал Поликватерниум - 6, имеющий в своем составе хлор (см. схему 1).

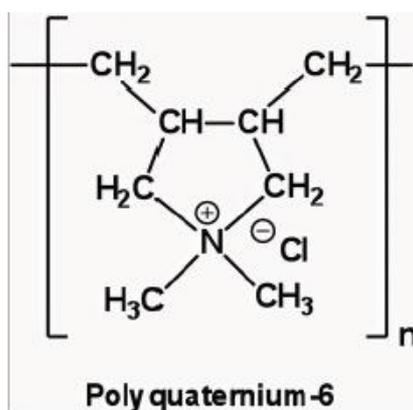


Схема 1 - Поликватерниум - 6

Своеобразным маркером присутствия или отсутствия нанопластика в растворе являлось процентное содержание хлора. На графике 1 и 2 видны результаты масс-спектрометрии раствора до (График 1) и после фильтрации (График 2).

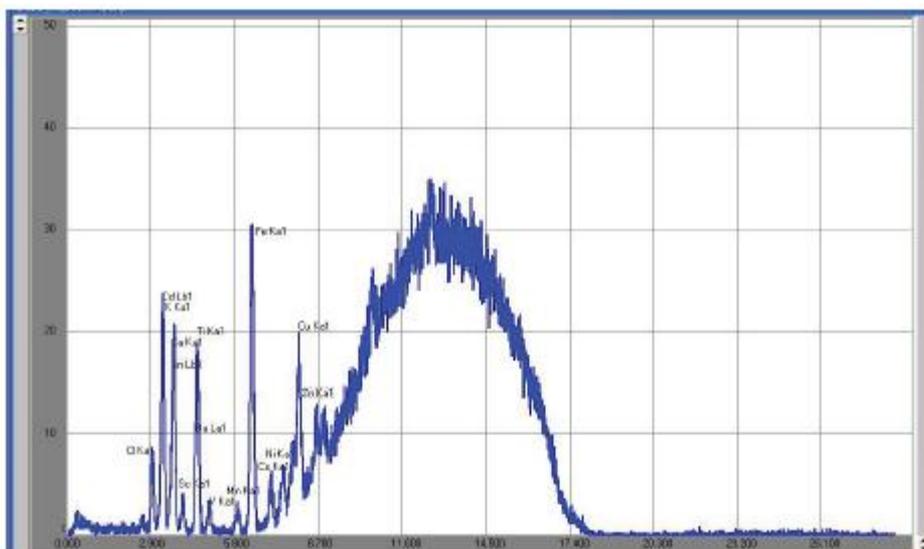


График 1 - Результат спектрометрии до фильтрации раствора (проба 2)

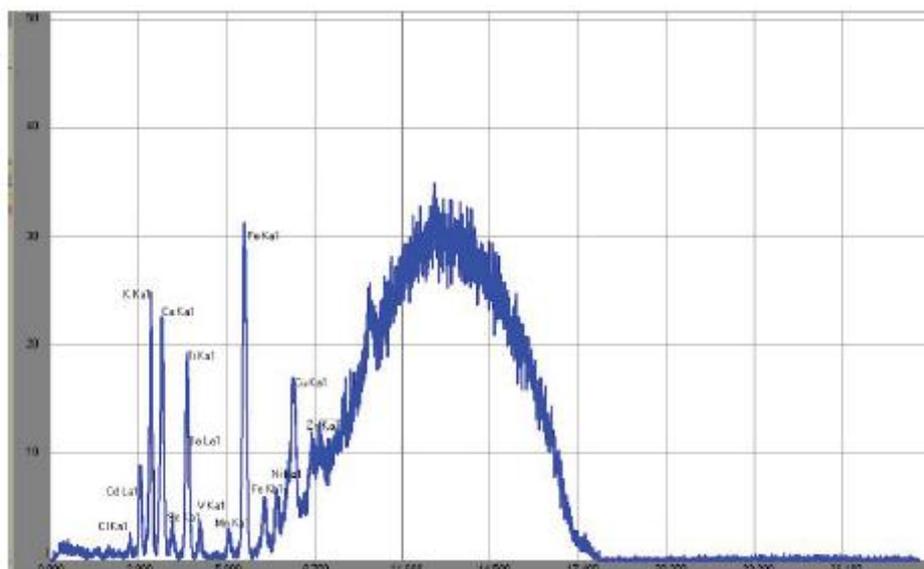


График 2 - Результат спектрометрии после фильтрации раствора (проба 3)

На графиках показаны результаты спектрометрии воды до и после фильтрации. Можно заметить, что после фильтрации количество некоторых элементов в воде сократилось. Например значительно понизилось процентное содержание Cl с 9% до 2%. Это говорит об уменьшении содержания поликватерниума в растворе. Также уменьшился K, Ti, Cu, V и другие.

Таким образом, мы можем сказать, что разработанный нами фильтр полностью задерживает частицы микропластика и эффективно уменьшает количество нанопластика в питьевой воде.

Выводы, заключение, перспективы

Один из путей попадания пластика в организмы это круговорот воды в природе. Воду используют в различных отраслях. Например промышленность или сельское хозяйство. При использовании воды в нее попадают химикаты и другие вещества. Также в воду попадает косметика, лекарства, чистящие средства в составе, которых тоже присутствуют пагубно влияющие на наш организм вещества. Далее вся эта вода с примесями испаряется и выпадает на землю в виде осадков. Через некоторое время появляется в водопроводе [1].

Мы проанализировали исследования по наличию микро и нанопластика в воде. Также была описана методика определения микропластика в воде и в косметических средствах. Исследовали различные средства с содержанием микро и нанопластика. После практической части по исследованию микропластика в воде и средствах личной гигиены, мы изучили структуры фильтров для питьевой воды. Благодаря полученным знаниям мы смогли сконструировать фильтр, способный уменьшать концентрацию нанопластика и микропластика в воде.

Поэтому считаем, что цель нашего исследования была достигнута. Нами был предложен альтернативный способ фильтрации воды, на основе агрегатопоники, который очищает воду от нано и микропластика, не причиняет экологического вреда и сделан полностью без применения пластика. Так же большим преимуществом предложенного способа фильтрации является его дешевизна.

Метод фильтрации на основе агрегатопоники доказал свою эффективность. Корни растений послужили биологическим аналогом вещества “Аквален”, используемого в самых передовых современных фильтрах. Полученная вода, отличалась приятными вкусовыми качествами, прозрачным цветом, имела нейтральный запах, поэтому мы рекомендуем ее для употребления населению.

Список цитированных источников

1. Долина Л.Ф., Савина О.П., Долина Д.А., Очистка вод от пластика // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 2019, №2 (28).
2. Бортников, В. Г. Основы технологии и переработки пластических масс : учеб. пособие для вузов /В. Г. Бортников. – Ленинград : Химия, 1983. – 304 с.
3. Кунай, В. А. Пластик – угроза цивилизации / В. А. Кунай, В. В. Шумак // Научная дискуссия современной молодёжи: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. (Пенза, 17 дек. 2017 г.) : в 2 ч. – Пенза, 2017. – Ч. 1. – С. 13–16.
4. Учёные нашли частицы микропластика в бутилированной воде. Весна 2018 // Medialeaks. 15 марта 2018 г. [Электронный ресурс]. – <https://medialeaks.ru/1503dalex-microplastic>
5. Светлейшая, Е. М. Вода в пластике и пластик в воде / Е. М. Светлейшая // Вода и водоочистные технологии. – 2017. – № 3 (85). – С. 4–8.
6. M. A. Browne, A. Dissanayake, T. S. Galloway, D. M. Lowe, R. C. Thompson// Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L) // Environmental Science &Technology. – 2008. – Vol. 42. – Iss. 13. – P. 5026–5031. doi: 10.1021/es800249a