



**МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
КОНКУРС ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ**

Научный проект

На тему: AquaTrace: автономный анализатор микропластика в воде

Название секции: Инженерные науки

Рагозина Анна Анатольевна, 10 класс, КГУ «ОШ №81»

Научный руководитель:
отсутствует

2025 г.

Содержание

Содержание	2
Аннотация	3
Статья.....	4
Список литературы.....	11
Приложение 1.....	12

Аннотация

AquaTrace: автономный анализатор микропластика в воде

Рагозина Анна Анатольевна

КГУ «ОШ №81»

Проект «AquaTrace» направлен на разработку автономной системы мониторинга микропластика в водной среде. Проблема загрязнения микропластиком приобретает глобальный масштаб: частицы пластика обнаруживаются не только в океанах, но и в питьевой воде, что представляет угрозу для экосистем и здоровья человека. Предлагаемое решение основано на использовании автономных буёв, оснащённых сенсорами, системой питания и передачей данных. Разработаны два варианта устройства: AquaTrace1- лёгкий, для умеренных широт, и AquaTrace2- усиленный, для суровых арктических условий. Такие системы позволяют проводить долгосрочный мониторинг без сложных экспедиций, обеспечивая поступление информации в режиме реального времени.

Научная новизна проекта заключается в сочетании компактности, автономности и возможности применения в различных климатических условиях.

Практическая значимость состоит в том, что система может быть востребована научными центрами, экологическими организациями и образовательными проектами, способствуя раннему выявлению экологических проблем и их устранению.

Ключевые слова: микропластик, экология, климатические условия, Арктика, мониторинг, анализатор, проблемы.

Статья
AquaTrace: автономный анализатор микропластика в воде
Рагозина Анна Анатольевна
КГУ «ОШ №81»

Введение

Микропластик постепенно становится одной из наиболее заметных экологических угроз. Его находят в океанах, реках и даже в удалённых арктических районах, где природа считается наиболее уязвимой. Попадая в воду, а в последствии и в живые организмы, микропластик наносит вред экосистемам и представляет потенциальную опасность для здоровья человека.

Сегодня определение количества микропластика в водоемах строится на отборе проб с последующим лабораторным анализом. Такой подход даёт точные результаты, но требует много времени и ресурсов, а также не позволяет получать данные в реальном времени.

Для России особое значение имеет мониторинг состояния Арктики и северных морей. С ростом интенсивности судоходства, освоением природных ресурсов и развитием Северного морского пути нагрузка на эти территории увеличивается, однако регулярного качественного контроля за загрязнением микропластиком пока не существует.

В рамках проекта AquaTrace предлагается концепция автономного устройства для мониторинга микропластика в воде. Основная цель работы- разработка системы, которая могла бы обеспечивать долговременное наблюдение за состоянием водных объектов.

В ходе работы ставились следующие задачи:

1. Создать два варианта буёв- *AquaTrace1* для умеренных широт и *AquaTrace2* для Арктики.
2. Определить подходящие сенсоры, источники автономного питания и способы передачи данных.
3. Сравнить возможности предлагаемой системы с существующими методами контроля.
4. Рассмотреть перспективы применения проекта в России и за её пределами.

Описание проекта(общая концепция)

Проект AquaTrace представляет собой автономный анализатор микропластика в воде, выполненный в виде плавучего буя с системой сенсоров и модулем передачи данных. Его главная задача- вести долговременный мониторинг качества воды и концентрации микропластика, обеспечивая получение данных в режиме, близком к реальному времени.

Устройство предназначено для работы в разных условиях: от умеренных широт до экстремальных полярных районов.

Предусмотрено два типа исполнения:

- AquaTrace1(Light)- лёгкий и компактный вариант для рек, озёр и прибрежных районов. Он обеспечивает контроль микропластика и базовых параметров воды без необходимости сложного технического обслуживания.
- AquaTrace-2(Polar)- усиленный вариант для Арктики, выдерживающий низкие температуры, давление льда и длительную автономную работу.

Основная функция буя- сбор и первичная обработка данных с сенсоров, чтобы минимизировать нагрузку на каналы связи и увеличить срок автономной работы.

Функции и показатели

AquaTrace измеряет несколько ключевых показателей, позволяющих оценивать качество воды и уровень загрязнения микропластиком:

1. Концентрация микропластика.

- а. Используется лазерно-оптический сенсор: луч лазера проходит через поток воды, и система регистрирует рассеянный свет от частиц.
- б. Система подсчитывает количество частиц, их размер и примерный тип (полиэтилен, полипропилен и тп.).

2. Физико-химические параметры воды.

- а. Температура- измеряется терморезистором. Данные необходимы для коррекции показателей микропластика и оценки условий среды.
- б. Солёность- измеряется электропроводностью. Этот параметр важен для анализа морской и пресной воды, а также для расчёта плотности воды и плавучести буя.
- в. Мутность- фотометрический датчик фиксирует количество взвешенных частиц в воде, что помогает отделить естественную взвесь от микропластика.
- г. pH- электродный сенсор оценивает кислотность воды, что влияет на распределение и поведение микропластика.

3. Дополнительные показатели.

- а. Уровень воды и волнения (акселераторы и датчики наклона).
- б. Освещённость для оценки работы солнечной панели (для питания).

Принцип работы

1. Вода поступает через фильтрационно-измерительный блок, где частицы

микропластика проходят через оптический сенсор.

2. Сенсоры фиксируют параметры среды и передают данные на встроенный процессор.

3. Процессор обрабатывает информацию:

1) подсчитывает концентрацию микропластика,

2) фильтрует шумы (например, мусор, пузырьки воздуха),

3) сохраняет данные в памяти и передаёт их через связь (LTE/спутник) на удалённый сервер.

4. Устройство работает автономно, используя аккумуляторы и солнечные панели, при этом *AquaTrace2* дополнительно использует термоэлектрический генератор для продления работы в условиях Арктики.

Материалы и внутренние механизмы

1. Корпус

AquaTrace1

1) Материал: прочный поликарбонат с антикоррозийным покрытием.

а. Причины выбора: лёгкий, устойчивый к механическим повреждениям, УФ-излучению и воздействию воды.

б. Особенности: внутренний слой из вспененного полиуретана для увеличения плавучести, герметичные крышки для защиты электроники.

AquaTrace2

1) Материал: алюминиево-магниевый сплав + полимерная теплоизоляция.

а. Причины выбора: высокая прочность, устойчивость к давлению льда, низкой температуре и морской воде.

б. Особенности: коническая верхняя часть корпуса для скольжения льда, герметичные разъёмы для подключения сенсоров и антенн.

2. Система питания и навигации

AquaTrace1

1) Аккумулятор Li-ion 12 В, ёмкость 20–30 А·ч.

2) Солнечная панель на верхней поверхности для подзарядки+система GPS.

- Автономность до 3 месяцев.

AquaTrace2

1) Аккумуляторы LiFePO₄ 12 В, ёмкость 50–60 А·ч.

2) Солнечная панель + термоэлектрический генератор (использует разницу температур воды и воздуха)+система GPS.

- Автономность до 12 месяцев.

3. Фильтрационно-измерительный блок

1) Мембраны из полиэтилентерефталата (ПЭТФ), задерживают частицы размером от 1 мкм.

- Вода проходит через фильтр под небольшим давлением, создаваемым встроенным насосом.
- Фильтр периодически очищается обратным током воды для предотвращения засорения.

4. Сенсорный блок

1) Оптический сенсор микропластика

- а. Лазерный диод + фотодетектор.
- б. Измеряет рассеянный свет от частиц воды, определяет размер и количество.

2) Сенсоры среды

- а. Температура — терморезистор, с точностью $\pm 0,1$ °C.
- б. Солёность — электрический проводимостный датчик, измеряет концентрацию солей.
- в. Мутность — фотометрический датчик фиксирует взвешенные частицы.
- г. pH — электродный сенсор с калибровкой для морской и пресной воды.

3) Дополнительные датчики

- а. Уровень волнения и наклона (акселерометры).
- б. Освещённость (для контроля эффективности солнечной панели).

5. Обработка данных

1) Встроенный процессор собирает данные со всех сенсоров, фильтрует шумы (пузырьки, органические частицы) и проводит первичную обработку.

- Данные сохраняются во встроенной памяти и передаются по связи:
- AquaTrace1: LTE/4G или Wi-Fi.
- AquaTrace2: спутниковая связь.

6. Система стабилизации

1) Утяжелённое дно и якорная система для удержания в реке или озере.

2) Коническая верхняя часть для Arctic-версии, чтобы лёд скользил и не повреждал корпус.

3) Дополнительно предусмотрены стабилизирующие плавники для уменьшения качки на волне.

Примерные габариты

AquaTrace1 (для умеренных широт)

- 1) Высота: 50-60 см
- 2) Диаметр: 25-30 см
- 3) Вес: 5-7 кг
- 4) Плавающий запас: 30-40% (обеспечивает стабильное положение на воде и дополнительную устойчивость при волнах)

AquaTrace2 (для Арктики)

- 1) Высота 70-80 см
- 2) Диаметр 35-40 см
- 3) Вес 12-15 кг
- 4) Плавающий запас 40-50% (усиленный корпус и большая плавучесть для перепадов температур и климатических особенностей)

Приблизительный внешний вид- См. Приложение 1.

Методика эксплуатации

Проект AquaTrace предусматривает использование автономных буйев для мониторинга микропластика в водных экосистемах. Вначале определяется зона исследования- это могут быть реки, озёра, прибрежные моря или арктические участки. В зависимости от условий выбирается тип буя. Каждый буй оснащается сенсорным модулем для измерения концентрации микропластика, температуры и солёности воды, автономным источником питания и системой передачи данных.

После размещения на поверхности воды буйки начинают автономный сбор информации. Они сохраняют вертикальное положение благодаря плавающему запасу и устойчивой конструкции; арктический вариант дополнительно защищен от воздействия льда и низких температур. Сенсоры фиксируют показатели с заданной частотой(например, раз в сутки), обеспечивая непрерывный мониторинг. В случае временного отсутствия связи данные сохраняются во внутренней памяти и передаются на сервер при восстановлении соединения.

Полученная информация позволяет исследователям отслеживать динамику загрязнения, сравнивать показатели между различными точками и принимать оперативные решения. Сеть буев может масштабироваться, обеспечивая расширенное покрытие водоёмов и интеграцию с другими методами контроля. Таким образом, система AquaTrace обеспечивает непрерывный, автономный и масштабируемый мониторинг микропластика в условиях, недоступных традиционным лабораторным методам.

Сравнение возможностей AquaTrace с традиционными методами

Показатель	Ручной анализ проб	AquaTrace
Точность	Высокая(лабораторный анализ)	Достаточная для мониторинга в реальном времени
Временные затраты	Высокие. Требуется сбор и доставка проб	Минимальные. Данные поступают автоматически
Периодичность	Разовые замеры	Непрерывный мониторинг
Охват территории	Ограничен определенной территорией	Широкий(в зависимости от количества устанавливаемых буев)
Стоимость	Расходы на персонал, выезд, лабораторию	Затраты на изготовление и установку
Контроль арктических зон	затруднен	Возможен, благодаря модели Polar
Автономность	-	+

Перспективы применения

В России проект *AquaTrace* может использоваться в Арктическом регионе для мониторинга северных морей и обеспечения экологической безопасности при развитии Северного морского пути. Он также подходит для наблюдений за внутренними водоёмами, включая Волгу, Обь, Енисей, Ладогу и Байкал, где хозяйственная деятельность усиливает риски загрязнения. Буйки могут применяться в научных экспедициях Российского географического общества и проектах «Чистая Арктика», а также войти в государственную систему экологического мониторинга. Дополнительные

возможности открываются в нефтегазовой сфере для контроля качества воды в районах добычи и транспортировки углеводородов, а также в сотрудничестве с госкорпорацией «Росатом», которая активно развивает экологические и арктические проекты.

За рубежом *AquaTrace* способен стать частью международных программ ООН и ЮНЕСКО по изучению мирового океана. В Европе он может использоваться для контроля рек и прибрежных зон, в Азии для отслеживания загрязнения в акваториях Индии, Китая и Индонезии, а в Северной Америке для исследования состояния Великих озёр. Его интеграция в международные экспедиции по Арктике и Антарктике позволит объединить усилия разных стран и создать более полную научную базу для борьбы с микропластиком.

Вывод

Проект *AquaTrace* является перспективным инструментом для борьбы с загрязнением водоёмов микропластиком и создания системы постоянного экологического мониторинга. Его применение позволит отслеживать состояние рек, озёр и морей, формировать достоверные базы данных и принимать своевременные меры для защиты экосистем. Особенно значимым является использование технологии в Арктике, где сохранение природного равновесия имеет глобальное значение. Перспективы развития проекта связаны с научными центрами, государственными структурами, госкорпорацией Росатом, нефтегазовыми компаниями и экологическими организациями, что открывает путь к широкому внедрению как в России, так и на международном уровне. *AquaTrace* способен объединить усилия науки, промышленности и общества и стать реальным вкладом в снижение последствий пластикового загрязнения планеты.

Список литературы

1. Хлыстов И. А., Бушуева Т. В., Грибова Ю. В., Харкова П. К., Лабзова А. К., Бугаева А. В., Сахаутдинова Р. Р., Гурвич В. Б. Обнаружение частиц микропластика в водной среде методом окрашивания // *Гигиена и санитария*. – 2023. – Т. 102. – № 11. – С. 1251–1254.
2. Microplastics in Freshwater: A Focus on the Russian Inland Waters // *Water*. – 2022. – Т. 14. – № 23. – С. 3909. – DOI: 10.3390/w14233909.
3. Zhu B., Fang H., Xu P. Rapid detection and quantification of Nile Red-stained microplastic particles // *Environmental Pollution*. – 2023. – Vol. 329. – P. 121894. – DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121894.
4. Разработан новый метод выделения микропластика из природных вод [Электронный ресурс] // Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН. – 2024. – URL: <https://new.ras.ru/activities/news/razrabotan-novyy-metod-vydeleniya-mikroplastika-iz-prirodnikh-vod/> (дата обращения: 12.08.2025).
5. Геохимики определили содержание микропластика в Москве-реке [Электронный ресурс] // Министерство науки и высшего образования РФ. – 2023. – URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/97717/> (дата обращения: 20.08.2025).
6. Ученые исследовали содержание микропластика в водах Байкала и Селенги [Электронный ресурс] // НИОХ СО РАН. – 2023. – URL: <https://web3.nioch.nsc.ru/nioch/index.php/ru/institute-1/prensa-ob-institute/uchenye-issledovali-soderzhanie-mikroplastika-v-vodakh-bajkala-i-selengi> (дата обращения: 01.09.2025).
7. Rocha-Santos T., Duarte A. C. Chemical Analysis of Microplastics and Nanoplastics: Challenges and Emerging Methods // *Chemical Reviews*. – 2023. – Vol. 123. – P. 6742–6786. – DOI: 10.1021/acs.chemrev.2c00615.
8. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора и идентификации [Электронный ресурс] // Институт океанологии РАН. – 2022. – URL: https://www.ocean.ru/index.php/novosti-left/novosti-instituta/item/download/81_204162fc65f586e7939ac6e372c60171 (дата обращения: 10.09.2025).

Приложение 1

