

УДК 504.75

EDN [SJHBNJ](#)



## Иновационные технологии мониторинга арктических водных ресурсов

Д.И. Ковалев<sup>1,2</sup>, Т.П. Черкасова<sup>2</sup>, В.А. Подоплелова<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Красноярский краевой Дом науки и техники РосСНИО, Красноярск, Россия

<sup>3</sup>Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

\* E-mail: podoplelovava@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной теме применения иновационных технологий в системах мониторинга окружающей среды и технических объектов. Основное внимание уделяется новым технологиям мониторинга арктических водных ресурсов. Представлен обзор результатов исследований рабочей группы Арктического совета по защите арктической морской среды (РАМЕ), которая осуществляет запуск капсул «Пластик в бутылке», оснащенных GPS-передатчиком, что позволяет отслеживать траекторию движения пластика в океане, в том числе, в зоне Арктики. Исследования направлены на моделирование траекторий перемещения морского мусора и пластика, получение достоверных сведений о том, как будут перемещаться экспериментальные капсулы на большие расстояния в арктических водах. В работе представлены элементы конструкции капсулы, основные результаты, полученные в ходе экспериментов за последние годы.

**Ключевые слова:** мониторинг, Арктика, водные ресурсы, GPS-передатчик, траектория.

## Innovative technologies for monitoring arctic water resources

D.I. Kovalev<sup>1,2</sup>, T.P. Cherkasova<sup>2</sup>, V.A. Podoplelova<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup>Krasnoyarsk Science and Technology City Hall, Krasnoyarsk, Russia

<sup>3</sup>Sochi State University, Sochi, Russia

\* E-mail: podoplelovava@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the actual topic of the application of innovative technologies in monitoring systems for the environment and technical objects. The focus is on new technologies for monitoring Arctic water resources. An overview of the research results of the Arctic Council Working Group on the Protection of the Arctic Marine Environment (PAME), which launches Plastic in a Bottle capsules equipped with a GPS transmitter, which allows tracking the trajectory of plastic in the ocean, including in the Arctic zone, is presented. The research is aimed at modeling the trajectories of marine debris and plastic, obtaining reliable information about how experimental capsules will move over long distances in Arctic waters. The paper presents the elements of the capsule design, the main results obtained in the course of experiments in recent years.

**Keywords:** monitoring, Arctic, water resources, GPS transmitter, trajectory.

## 1. Введение

Задачи мониторинга окружающей среды и экологически опасных технических объектов являются актуальными на протяжении многих лет и имеется достаточно много технологий мониторинга, которые позволяют успешно эти задачи решать [1-5]. Также большое внимание уделяется мониторингу арктических территорий и водных ресурсов Арктической зоны [6-8]. В рамках развития современных инновационных технологий для целей мониторинга арктической морской среды в сентябре 2019 года Рабочая группа Арктического совета по защите арктической морской среды (РАМЕ) запустила первую капсулу «Пластик в бутылке», оснащенную GPS-передатчиком, которая позволяет отслеживать траекторию движения пластика в океане [9]. В настоящее объединенными усилиями РАМЕ и трех организаций северных стран (Wageningen University & Research; Finnish Environment Institute; Norwegian Polar Institute) запущены еще три капсулы. Цель состоит в том, чтобы установить, какими потенциальными путями пластик попадает из Северного и Балтийского морей в арктические воды, и тем самым, повысить осведомленность населения и государственных органов о проблеме загрязнения арктической морской среды пластиковыми отходами.

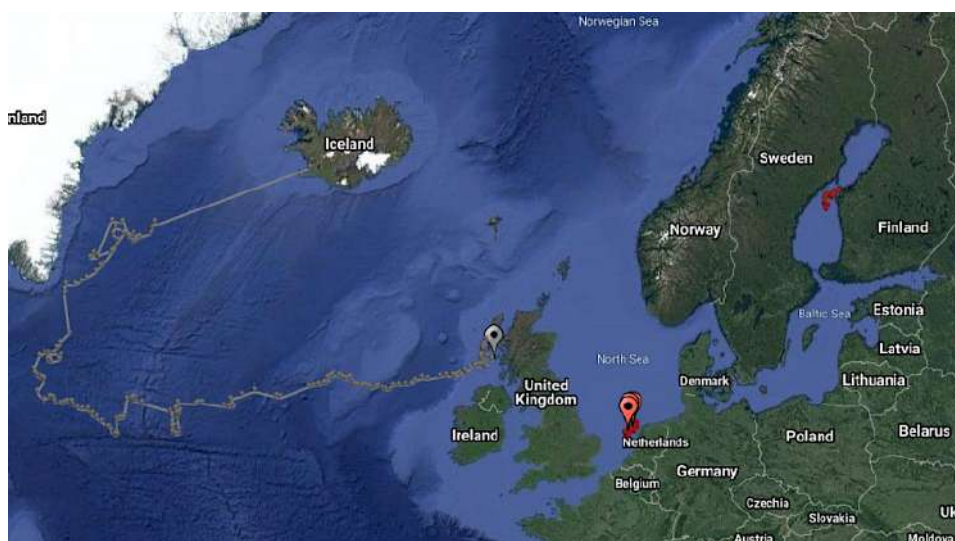
## 2. Результаты траекторных экспериментов по перемещению капсул

В качестве примера можно привести пример одной из капсул, которая от берегов Исландии преодолела расстояние в 7000 километров за 207 дней. Передатчик GPS внутри капсулы позволил РАМЕ и многим исследователям Арктики следить за маршрутом капсулы мимо восточного побережья Гренландии и через северную часть Атлантики вплоть до берегов местечка Тири (см. рисунок 1).

Отметим, что инициатива, запущенная во время исландского председательства в Арктическом совете (2019-2021 гг.), продолжается и во время российского председательства и направлена на изучение новых морских мусорных магистралей в Северной Европе. С конца мая еще три капсулы дрейфуют с океанскими течениями и волнами в неизвестных направлениях. Проводимые эксперименты подтверждают, что пластмассы могут перемещаться на большие расстояния как по воздуху, так и воде, и могут достигать регионов, очень удаленных от населенных районов – источников

загрязнения. Исследователи подчеркивают, что это серьезная проблема для морской экосистемы, птиц, морских обитателей и не в последнюю очередь для людей [10-12].

Важно понимать, что происходит с пластиковыми отходами, когда они попадают в Северное море. Под влиянием ветра и морских течений экспериментальные капсулы могут отправиться на ближайшие пляжи или, возможно, даже в Арктику. И это весьма вероятно, поскольку каждый год из Западной Европы и Северной Америки в Арктику попадает значительное количество отходов.



**Рисунок 1.** Траектория перемещения капсулы PAME.

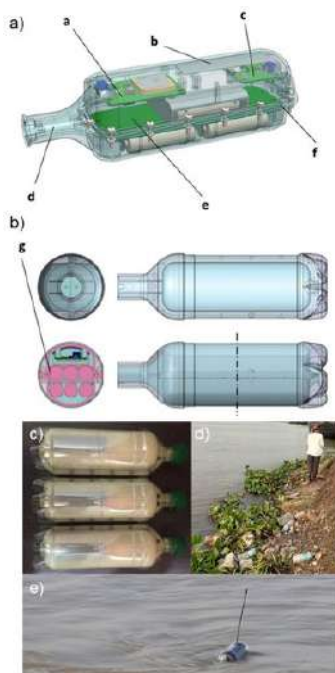
В частности, одна из капсул в ходе эксперимента, финансируемого Министерством иностранных дел Финляндии, выпущена в северной части Балтийского моря во время ежегодного исследовательского круиза Финского института окружающей среды. Морской мусор является признанной экологической проблемой Балтийского моря – полузамкнутого окраинного арктического моря, которое ежегодно замерзает и испытывает сильное воздействие деятельности человека на морскую среду. Выпустив капсулу в этом месте, можно будет проследить перенос морского мусора в относительно более густонаселенной и замкнутой морской системе по сравнению с Арктикой.

Отметим еще одну капсулу, которая станет самым северным экспериментом в рамках данного проекта на сегодняшний день. Норвежский полярный институт запускает капсулу во время исследовательского круиза к западу от Шпицбергена. Капсула попадет в северное течение, переносящее морской мусор вглубь Северного

Ледовитого океана, что позволит провести мониторинг высокоширотных арктических транспортных путей. Исследования в рамках проекта РАМЕ «Пластик в бутылке» направлены на моделирование траекторий перемещения морского мусора и пластика, получение достоверных сведений о том, как будут перемещаться экспериментальные капсулы на большие расстояния в арктических водах. Это важно, так как пока понимание существующих траекторий перемещения пластика в океане ограничено, однако капсулы РАМЕ предназначены для снятия неопределенности и повышения осведомленности о проблеме морского мусора. Проект касается как морской, так и наземной деятельности, уделяя особое внимание специфическим для Арктики источникам и путям перемещения морского мусора, и будет играть важную роль в демонстрации усилий арктических государств по снижению негативного воздействия морского мусора на морскую среду Арктики. Существенное значение имеет то, что за перемещением капсул можно следить в режиме реального времени с помощью онлайн-карты на сайте РАМЕ. В случае, если капсула выброшена на берег, электронное устройство внутри капсулы сообщит нашедшему, что делать в этом случае и с кем связаться.

### 3. Конструкция капсул

На рисунке 2 представлены элементы конструкции капсулы [13].



**Рисунок 2.** Элементы конструкции капсулы РАМЕ [13].

Рисунок 2 показывает расположение монтажных отверстий, размещение платы GPS-трекера (Horizon) и передатчика ARGOS R2 внутри корпуса, расположение шести аккумуляторных батарей. Форма и дизайн подобраны очень близко к образу «реальной» пластиковой бутылки, крышка и основание герметизированы с помощью креплений и резинового уплотнительного кольца для защиты расположенной внутри капсулы электроники от попадания воды.

Обозначения на рисунке 2, а): а - плата GPS Horizon; b - антенна сотовой связи; с - плата спутниковой связи Cellular или Argos; d - фрезерованный корпус капсулы; e - плата аккумуляторной батареи; f - уплотнительное кольцо.

Капсулы программируются на работу в различных режимах. Менее энергоемкий режим предусматривает «пробуждение» капсулы каждые четыре часа и временные затраты на сеанс до 30 секунд для определения местоположения GPS, прежде чем возвращаться в состояние покоя, т.е. пока не пройдет спутник. Используя алгоритм предсказания сеанса спутника, каждая капсула просыпалась и передавала последнее полученное местоположение GPS и состояние батареи всякий раз, когда проходящий спутник был доступен с минимальным углом возвышения 40 градусов, чтобы максимизировать вероятность успешной передачи. Полученные данные затем загружались на платформу Argos Web Services [13]. Чтобы поддерживать постоянное время, капсулы были запрограммированы на синхронизацию своих внутренних часов каждый раз, когда получали координаты GPS.

#### 4. Заключение

Таким образом, представленный обзор результатов исследований рабочей группы Арктического совета по защите арктической морской среды, которая осуществляет запуск капсул «Пластик в бутылке», оснащенных GPS-передатчиком, показывает, что использование таких капсул позволяет отслеживать траекторию движения пластика в океане в зоне арктических вод. Исследования позволяют моделировать траектории перемещения морского мусора и пластика, получать достоверные сведения о том, как будут перемещаться экспериментальные капсулы на большие расстояния в арктических водах. Современные технологии позволяют создавать конструкции капсул, устойчивые к воздействиям экстремального климата Арктических территорий, что позволяет

накапливать ежегодно новые результаты экспериментов и определять траектории перемещения пластиковых отходов в зоне арктических морей.

### Список литературы

1. Кузнецов, П. К вопросу учета опасностей при анализе надежности АСУ ТП опасных производств / П. Кузнецов, Я. Тынченко, В. Колесник // Информатика. Экономика. Управление - Informatics. Economics. Management. – 2022. – № 1(1). – С. 0217-0228. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2022-1-1-0217-0228>
2. Карцан, П.И. Развитие информационных технологий в туристической сфере / П.И. Карцан // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – № 1(3). – С. 22-29. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-3-22-29>
3. Ковалев, И. (2021). Обзор III Международной конференции MIST: Aerospace-III-2020: Передовые технологии в аэрокосмической отрасли, машиностроении и автоматизации / И. Ковалев, Н. Тестоедов, А. Ворошилова // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – № 1(1). – С. 1-9. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-1-1-9>
4. Туев, Е.В. Реализация мониторинга эффективности предприятий с помощью специальной подсистемы АСУП / Е.В. Туев, М. Козлова, О. Ольшевская // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – № 1(2). – С. 34-45. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-2-34-45>
5. Aljarbouh, A. Intellectualization of information processing systems for monitoring complex objects and systems / A. Aljarbouh, M.S. Ahmed, M. Vaquera, B.D. Dirting // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2022. – № 2(1). – С. 9-17. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-1-9-17>
6. Ковалев, Д.И. Перспективная концепция контроля траектории полета воздушных судов в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера / Д.И. Ковалев, И.В. Ковалев // Всероссийская научная конференция «Достижения науки и технологий-ДНиТ-2021». – 2021. – № 2. – С. 120-127.

7. Ковалев, Д.И. О подходах к решению задач синтеза структур систем мониторинга траектории полета воздушных судов / Д.И. Ковалев, Т.П. Мансурова // Всероссийская научная конференция «Достижения науки и технологий-ДНиТ-2021». – 2021. – № 2. – С. 128-134.
8. Серова, Н.А. Транспортная инфраструктура российской Арктики: специфика функционирования и перспективы развития / Н.А. Серова, В.А. Серова // Проблемы прогнозирования. – 2021. – № 2(185). – С. 142-151
9. Plastic in a bottle” afloat again. <https://www.arctic-council.org/news/plastic-in-a-bottle-afloat-again/>
10. Beaumont, N.J. Global ecological, social and economic impacts of marine plastic / N.J. Beaumont, M. Aanesen, M.C. Austen, T. Börger, J.R. Clark, M. Cole, et al. // Mar Pollut Bull. – 2019 May 1. – № 142. – P. 189-195.
11. Derraik, J.G. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review / J.G. Derraik // Mar Pollut Bull. – 2002. – № 44(9). – P. 842-852.
12. Gall, S.C. The impact of debris on marine life. Mar Pollut Bull [Internet] / S.C. Gall, R.C. Thompson // 2015 Feb [cited 2015 Feb 11]. – № 92. – P. 170-179. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X14008571>
13. Duncan, E.M. Correction: Message in a bottle: Open-source technology to track the movement of plastic pollution / E.M. Duncan, A. Davies, A. Brooks, G.W. Chowdhury, B.J. Godley et al. // PLOS ONE. – 2022. – № 17(5) e0269218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269218>