

# МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКЕАНИЧЕСКИХ ВОД

## GLOBAL PRACTICES OF USING BIG DATA ANALYSIS TECHNOLOGIES FOR MONITORING AND FORECASTING OCEAN WATER POLLUTION RISKS

**S. Afanasyev  
D. Voronin  
E. Kovrova  
D. Rakov**

*Summary.* This article is devoted to the analysis of world practices of water quality control of the world ocean and forecasting of water pollution risks using big data analysis technologies. A review of Russian and foreign solutions in the field of monitoring the state of ocean waters using promising technologies is carried out. The inhibiting factors of the introduction of big data are described, and further prospects for the introduction and application of systems for the prevention and elimination of man-made accidents on the water are described. The work uses the results of the project "Intelligent analysis of big data in the tasks of protecting ecology and the environment", supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the Agreement of Lomonosov Moscow State University with the Project Support Fund of the National Technology Initiative dated December 15, 2021 No. 70–2021–00252.

*Keywords:* ecology, man-made disasters, sustainable development, big data, monitoring the state of the ocean.

**Афанасьев Сергей Дмитриевич**

Кандидат юридических наук, ведущий специалист,  
Центр хранения и анализа больших данных, МГУ имени  
М.В. Ломоносова, Москва  
sergei.afanasev@digital.msu.ru

**Воронин Тимофей Валерьевич**

Специалист, Центр хранения и анализа больших  
данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва  
voronin@digital.msu.ru

**Коврова Екатерина Сергеевна**

Ведущий специалист, Центр хранения и анализа  
больших данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва  
lubomirova.ek@digital.msu.ru

**Раков Дмитрий Александрович**

Ведущий специалист, Центр хранения и анализа  
больших данных, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва  
rakov.d@digital.msu.ru

*Аннотация.* Настоящая статья посвящена анализу мировых практик контроля качества воды мирового океана и прогнозирования рисков загрязнения вод с применением технологий анализа больших данных. Проведен обзор российских и зарубежных решений в области мониторинга состояния океанических вод с использованием перспективных технологий. Описаны тормозящие факторы внедрения больших данных, а также описаны дальнейшие перспективы внедрения и применения систем предотвращения и ликвидации техногенных аварий на воде. В работе использованы результаты проекта «Интеллектуальный анализ больших данных в задачах охраны экологии и окружающей среды», поддерживаемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации по Договору МГУ имени М.В. Ломоносова с Фондом поддержки проектов Национальной технологической инициативы от 15.12.2021 г. № 70–2021–00252.

*Ключевые слова:* экология, техногенные катастрофы, устойчивое развитие, большие данные, мониторинг состояния океана.

**В** настоящее время мировое сообщество сталкивается с большим количеством глобальных вызовов, среди которых загрязнение вод мирового океана. В качестве мер по борьбе с загрязнением используются различные способы: использование более безопасных для окружающей среды реагентов и химикатов, внедрение дополнительных технологий очистки и переработки отходов производства. На современном этапе развития науки и производства особое внимание специалисты уделяют технологиям анализа больших данных в качестве меры контроля текущего уровня

загрязнения вод мирового океана и предотвращения увеличения масштабов данной глобальной проблемы.

Актуальность использования технологий, связанных с большими данными, в сфере оценки рисков загрязнения вод мирового океана обуславливается рядом факторов.

Во-первых, проблема загрязнения воды приняла масштаб глобальной и угрожает всему мировому сообществу, в первую очередь, беднейшим странам

мира и прибрежным странам, специализирующимся на производстве морепродуктов. Риск возникновения вспышек инфекционных заболеваний часто становится причиной уничтожения крупных партий готовой к экспорту морепродукции, выловленной в загрязненных водах, что приводит к нарушению цепочек поставок и ужесточает проблему глобального голода в ряде регионов мира, среди которых Азия, Африка и Латинская Америка.

Во-вторых, развитие науки позволяет использовать различные технологии для обработки больших объемов данных и информации, позволяющие осуществлять мониторинг текущего состояния качества воды в мировом океане с целью предотвращения сокращения биоразнообразия флоры и фауны различных водоемов нашей планеты.

В-третьих, автоматизация процесса мониторинга состояния воды позволит перераспределить усилия специалистов, направив их на решение других вызовов современного мира, включая борьбу с повышением уровня вод мирового океана, неравномерном развитии регионов мира и глобальным терроризмом.

Целью данного исследования является изучение результатов применения технологий анализа больших данных с целью контроля рисков загрязнения вод мирового океана и оценка дальнейших перспектив их применения.

Термин большие данные (Big data) появился в 2008 году, на страницах журнала «Nature» [1]. Под данным термином принято подразумевать большие объемы информации, для обработки которых необходимы инновационные методы инструменты, например, современные суперкомпьютеры. Большими данным принято считать те данные, которые отвечают требованиям скорости (непрерывное поступление из ряда источников), объема и разнообразия (различные типы). Основными задачами в сфере больших данных являются: хранение и управление, структурирование, прогнозирование. Традиционные сферы применения технологий хранения и анализа больших данных — государственное управление, интернет вещей, включая данные с «умных» устройств и датчиков слежения, банковская сфера и промышленность [2].

Развитие науки и актуализации проблемы загрязнения мировых вод стала причиной внедрения технологий анализа больших данных в системы мониторинга состояния мирового океана.

Крупнейшей системой мониторинга является Глобальная система наблюдения за океаном (ГСНО),

созданная в 1991 году Межправительственной океанографической комиссией (МОК), органом ЮНЕСКО [3]. Задачами данной системы являются разработка инструментов и технологий наблюдений, информационных систем контроля состояния воды. ГСНО также занимается анализом состояния мирового океана и прогнозированием дальнейших изменений. Система состоит из сети буев «Арго», морских судов, спутников и центров анализа данных.

«Арго» — проект глобальной сети океанографических станций, состоящей из почти 4000 дрейфующих буев, использующихся для контроля уровня температуры, солености и химического состава воды и 4 метеорологических спутников. Буи, также называемые поплавкам, дрейфуют на глубине 1000–2000 метров и на уровне поверхности воды, меняя свое положение каждые 10 дней [4]. С 2014 года началось тестирование использования большего количества датчиков и увеличение глубины погружения буев, которое позволяет расширить возможности их применения с целью изучения уровня загрязнения океана в различных регионах мира [5]. Передача данных в центры обработки и анализа информации осуществляется посредством спутников «Арго».

Говоря о влиянии данного проекта на развитие современной науки и проводимых исследований, необходимо отметить использование данных, полученных «Арго», в научных публикациях. В период с запуска проекта по 2018 год авторы более 3000 статей о климатических изменениях, состоянии океана и влиянии океанических изменений на биосферу, использовали данные, полученные системой «Арго» [6].

Необходимо отметить, что контроль группировки спутников и флота поплавков, а также обработка получаемой информации для ее визуализации и публикации были бы невозможны без использования технологий анализа больших данных, включая интеграцию, интеллектуальный и статистический анализ полученной информации. Данные технологии позволяют оперативно обрабатывать огромное количество входящей информации, используя вычислительные мощности суперкомпьютеров, для ее передачи исследователям состояния океана.

Использование технологий анализа больших данных также активно используется нефтегазовыми компаниями с целью контроля утечек углеводородов, результатами которых являются загрязнение слоев почвы и систем водоемов. Утечка газа из газодобывающих платформ или газопроводов в воде приводит к высвобождению метана, который уничтожает флору и фауну на сотнях километров вокруг места аварии,

а также приводит к вынужденной миграции обитателей океана [7]. Разливы нефти также угрожают обитателям мирового океана и нарушают функционирование рыбного промысла не только в зоне аварии, но и далеко за ее пределами, так как нефтяные пятна перекрывают доступ кислорода под поверхность воды, приводя к гибели или миграции животных, а также приводят в негодность оборудование, используемое для ловли или разведения промысловых видов рыбы [8]. Одной из причин значительного количества аварий, последствиями которых стали разливы нефти в воды мирового океана, являлся человеческий фактор, выраженный в ошибочных расчетах или неверных решениях персонала. К таким авариям можно отнести крушение нефтяного танкера в порту Тхэнан, в Южной Корее, в 2007 году, взрыв нефтяной платформы «Deerwater Horizon» в 2010 году и разлив нефти с японского судна «MV Wakashio» в 2020 году. В результате данных аварий погибло большое количество морских животных, включая черепах, рыб и дельфинов, различных видов птиц, временно был запрещен рыбный промысел в районах аварий, что стало причиной значительных экономических убытков.

Одним из эффективных инструментов предотвращения техногенных аварий, а также минимизации рисков при их возникновении является использование технологий анализа больших данных. Данные технологии используются для решения нескольких задач.

1. Мониторинг состояния скважин и систем трубопроводов используется с целью предотвращения возникновения аварий и минимизации ущерба окружающей среде в случае разлива нефти или утечки газа. Примером такой технологии является система распределенного акустического мониторинга (DAS), продукт британских компаний «OptaSense» и «Optilian», которая позволяет в автономном режиме контролировать целостность системы нефте- и газопроводов с целью предотвращения их разгерметизации и возникновения утечек [9]. Данная система используется в Трансанатолийском газопроводе, проходящим от азербайджанского газового месторождения Шах-Дениз до греческо-турецкой границы через территорию Грузии и Турции [10]. Инновационным решением в сфере мониторинга целостности трубопроводов является использование беспилотных летальных аппаратов, передающих информацию о визуальном состоянии конструкций в центры анализа данных. Такую систему контроля использует ПАО «Лукойл» для минимизации рисков возникновения аварий на нефтепроводах [11].
2. Навигационные системы, включающие в себя обновляемые спутниковые данные и совре-

менное программное обеспечение, позволяют осуществлять безопасную навигацию танкеров, перевозящих сырую нефть и сжиженный природный газ с целью предотвращения столкновений судов или захождения на мель. Примерами таких навигационных систем могут служить решения финской компании «Wärtsilä Oyj Abp», специализирующейся на производстве морского и энергетического оборудования. Системы продвинутого планирования маршрута и спутниковой связи будут использоваться на судах-газовозах арктического класса в рамках реализации проекта «Арктик СПГ-2» компании «Новатэк» [12].

3. Использование спутниковых систем мониторинга последствий техногенных аварий, включая разливы нефти в мировом океане, позволяет оценить масштаб происшествия, выявить причину, а также спрогнозировать направление дрейфа нефтяного пятна. Использование технологий анализа больших данных позволяет более оперативно и точно оценить последствия нефтяного разлива, а также предпринять меры по минимизации дальнейших рисков, включая гибель океанической и морской флоры и фауны. Примером использования данных технологий может служить проект, реализованный ООО «Геопро-странственное агентство Иннотер» в 2020 году, в рамках которого был проведен мониторинг нефтяных загрязнений Лионского залива и были установлены причины их возникновения [13]. Такие страны, как США и Канада активно используют спутниковые данные для выявления разливов нефти в прибрежных водах. Обработка спутниковых данных происходит в автоматическом режиме и при выявлении признаков загрязнения, на место предполагаемого разлива направляется самолет береговых служб с целью уточнения деталей происшествия. Программа североамериканского спутникового мониторинга (the North American satellite tracking of pollution program) была создана в 2018 году в рамках совместных усилий американского Национального управления океанических и атмосферных исследований и Министерства окружающей среды Канады [14].

В заключение необходимо отметить, что в настоящее время демонстрируется весьма эффективное использование технологий анализа больших данных с целью мониторинга состояния океанических вод. Высокая скорость анализа больших объемов информации позволяет в автоматизированном режиме осуществлять контроль состояния воды мирового океана, а также своевременно предотвращать возникновение аварий-

ных ситуаций. Несмотря на эффективность использования технологий анализа больших данных, в настоящее время существует ряд факторов, замедляющих процесс внедрения больших данных в системы мониторинга.

Во-первых, высокая стоимость внедрения технологий анализа больших данных затрудняет их использование в беднейших странах мира, которые наиболее уязвимы перед последствиями загрязнения вод мирового океана [15].

Во-вторых, использование спутниковых систем мониторинга может осложняться отсутствием необходимой для анализа снимков аппаратуры и инфраструктуры, что приводит к необходимости использования более простых и менее эффективных методов мониторинга качества воды.

Кроме того, бюрократические процедуры, являющиеся неотъемлемой частью заключения многосторонних соглашений и их дальнейшей реализации, часто становятся преградой на пути модернизации систем контроля качества воды. Примером может служить процесс принятия Дохийской поправки к Киотскому протоколу, продлевающей действие соглашения до 2020 года. Процесс принятия поправки начался в 2012 году, однако был завершён лишь в 2020 году, когда необходимое количество стран — 144, ратифицировали данную поправку [16]. Поправка вступила в силу 31 декабря 2020 года.

Говоря о дальнейших перспективах внедрения технологий больших данных в системы мониторинга загрязнения океанических вод, важно подчеркнуть их высокую эффективность и возможность автономной работы, что позволяет использовать их для анализа больших объемов постоянно поступающей информации без участия человека. Для дальнейшего внедрения

новых технологий в сферу прогнозирования рисков загрязнения океанических вод необходимо предпринять следующие меры.

1. Увеличить меры государственной поддержки центров хранения анализа больших данных с целью разработки перспективных методов мониторинга качества океанических вод и способов предотвращения техногенных аварий, включая утечки газа и разливы нефти.
2. Увеличить как государственные, так и частные инвестиции, в проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в сфере технологий анализа больших данных, что позволит разработать перспективные методы контроля состояния океанических вод и локализации техногенных аварий на воде.
3. Оказывать всесторонние меры поддержки беднейшим странам мира, необходимые для внедрения новых технологий в процессы ликвидации загрязнений прибрежных вод и предотвращения их появления. Риски возникновения голода и усиления экологических проблем делают такие страны наиболее уязвимыми перед загрязнением мирового океана.

## Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы Центров компетенций Национальной технологической инициативы на базе Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (договор о предоставлении средств юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю на безвозмездной и безвозвратной основе в форме гранта, источником финансового обеспечения которых полностью или частично является субсидия, предоставленная из федерального бюджета № 70–2021–00252 от 15.12.2021).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Клейменова Л., Зуйкова А. Что такое Big Data и почему их называют «новой нефтью» // РБК. — 2021. 2 марта. [Электронный ресурс] URL: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/5d6c020b9a7947a740fea65c> (дата обращения: 26.11.2022)
2. Подольских А. Big Data: как применять и анализировать большие данные? // Комсомольская правда. — 2022. 20 октября. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kp.ru/guide/analiz-bol-shikh-dannykh.html> (дата обращения: 26.11.2022)
3. Мониторинг состояния океана // официальный сайт ЮНЕСКО. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.unesco.org/themes/monitoring-sostoyaniya-okeana> (дата обращения: 26.11.2022)
4. Argo international project home page. [Электронный ресурс] URL: [http://www.argo.net/index\\_flash.html](http://www.argo.net/index_flash.html) (дата обращения: 27.11.2022)
5. Международный проект Argo отмечает 20-летие // официальный сайт Гидрометцентра России. — 2019. 9 января. [Электронный ресурс] URL: <https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/15755-mezhdunarodnyj-proekt-argo-otmechaet-20-letie> (дата обращения: 26.11.2022)
6. Roemmich D, Alford MH, Claustre H, Johnson K, King B, Moum J, Oke P et al. On the Future of Argo: A Global, Full-Depth, Multi-Disciplinary Array. — 2019. — Front. Mar. Sci. 6:439. doi: 10.3389/fmars.2019.00439
7. Чем опасны утечки на газопроводе «Северный поток» // +1 (Плюс один). — 2022. 29 сентября. [Электронный ресурс] URL: <https://plus-one.ru/ecology/2022/09/29/chem-opasny-utechki-na-gazoprovode-severnyu-potok> (дата обращения: 25.11.2022)

8. Последствия нефтяного загрязнения для рыбного промысла // ИТОПФ. [Электронный ресурс] URL: [https://www.ospri.online/site/assets/files/1153/tip11\\_ru\\_effectsofoilpollutiononfisheriesandmariculture.pdf](https://www.ospri.online/site/assets/files/1153/tip11_ru_effectsofoilpollutiononfisheriesandmariculture.pdf) (дата обращения: 24.11.2022)
9. Британская OptaSense внедрила новую технологию мониторинга скважин и трубопроводов // тэкто://блог. — 2015. 30 апреля. [Электронный ресурс] URL: <https://teknoblog.ru/2015/04/30/38372> (дата обращения: 25.11.2022)
10. OptaSense и Optilan займются внедрением системы распределенного акустического мониторинга — DAS в рамках проекта МГП TANAP // Портал Neftegaz.ru. — 2016. 8 июня. [Электронный ресурс] URL: <https://neftegaz.ru/news/Oborudovanie/219659-optasense-i-optilan-zaymutsya-vnedreniem-sistemy-raspredelennogo-akusticheskogo-monitoringa-das-v-ra/> (дата обращения: 26.11.2022)
11. Предотвращение и реагирование в чрезвычайных ситуациях // официальный сайт ПАО «Лукойл». [Электронный ресурс] URL: <https://lukoil.ru/Sustainability/Safety/EmergencyPreventionAndResponse> (дата обращения: 26.11.2022)
12. Wärtsilä поставит системы инертного газа и навигационные системы для шести танкеров-газовозов арктического класса // PortNews. — 2021. 1 июня. [Электронный ресурс] URL: <https://portnews.ru/news/313568/> (дата обращения: 26.11.2022)
13. Экологический мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности в Лионском заливе // официальный сайт ООО «ГА Иннотер». [Электронный ресурс] URL: <https://innoter.com/projects/monitoring-neftyanykh-zagryazneniy-morskoj-poverkhnosti-v-lionskom-zalive/> (дата обращения: 27.11.2022)
14. The North American Satellite Tracking of Pollution (NASTOP) Program: A Canada-U.S. Collaborative Effort for Marine Oil Spill Detection and Monitoring Capabilities // blog of Office of Response and Restoration. — 2019. 5 January. [Электронный ресурс] URL: <https://blog.response.restoration.noaa.gov/north-american-satellite-tracking-pollution-nastop-program-canada-us-collaborative-effort-marine> (дата обращения: 27.11.2022)
15. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. Water for food, Water for life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute
16. Ратификация многостороннего соглашения по климату способствует выполнению обязательств и борьбе с изменением климата // United Nations Climate Change. — 2020. 3 октября. [Электронный ресурс] URL: <https://unfccc.int/ru/news/ratifikaciya-mnogostoronnego-soglasheniya-po-klimatu-sposobstvuet-vypolneniyu-obyazatelstv-i-borbe-s> (дата обращения: 27.11.2022)

© Афанасьев Сергей Дмитриевич ( [sergei.afanasev@digital.msu.ru](mailto:sergei.afanasev@digital.msu.ru) ), Воронин Тимофей Валерьевич ( [voronin@digital.msu.ru](mailto:voronin@digital.msu.ru) ),  
Коврова Екатерина Сергеевна ( [lubomirova.ek@digital.msu.ru](mailto:lubomirova.ek@digital.msu.ru) ), Раков Дмитрий Александрович ( [rakov.d@digital.msu.ru](mailto:rakov.d@digital.msu.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова