

Строитель Донбасса. 2025. Выпуск 2-2025 С. 77-84. ISSN 2617–1848 (print)

The Builder of Donbass. 2025. Issue 2-2025. P. 77-84. ISSN 2617–1848 (print)

Научная статья

УДК 502.335

doi: 10.71536/sd.2025.2c31.11

О ВНЕДРЕНИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛАТФОРМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ РЕГИОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ДАРВИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Даниил Алексеевич Саченок¹, Артемий Александрович Мясков²,
Константин Сергеевич Коликов³

^{1,2,3}Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия.

¹ФГБУ «ВНИИ труда» Минтруда России, Москва, Россия.

²ФГБУ «ВНИИ Экология», Москва, Россия.

¹ave.daniil@yandex.ru, ²myaskovartemiy@gmail.com, ³kolikovks@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен вопрос внедрения цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды для региона Рыбинского водохранилища. Подчеркивается возможность внедрения электронной платформы в связи с широким перечнем действующих методов сбора информации об экологической обстановке в регионе. В статье содержатся обоснования внедрения платформы на основе существующего антропогенного воздействия на территорию региона Рыбинского водохранилища со стороны промышленных мощностей региона. Особо отмечается возможная роль Дарвинского заповедника в системе мониторинга, с использованием архивных данных о наблюдениях за состоянием окружающей среды.

Антропогенная нагрузка на регион Рыбинского водохранилища постепенно возрастает, несмотря на внедрение стратегий устойчивого развития у крупных компаний и очистных сооружений на производственных объектах, с целью повышения ответственности бизнеса и сохранения экосистем региона, может быть введена в строй система платформ электронного мониторинга по примеру уже существующих в России и в мире. С учетом длительных наблюдений и мониторинговых мощностей на представленной территории, процесс внедрения позволит извлекать выгоду без крупных затрат. Эффективное использование единой цифровой платформы способно принести значительную пользу для региона в течение очень длительного времени. Основной целью представленной работы является обоснование внедрения электронной платформы экологического мониторинга Дарвинского региона и выбор мониторинговых данных для их систематизации.

Ключевые слова: экология, охрана окружающей среды, мониторинг окружающей среды, антропогенное воздействие, цифровая платформа мониторинга, систематизация научных методов

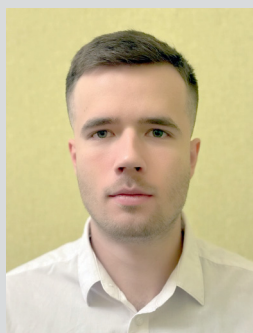
Original article

ABOUT IMPLEMENTATION OF AN ELECTRONIC ENVIRONMENTAL MONITORING PLATFORM IN THE RYBINSK RESERVOIR REGION TO ENSURE THE CONSERVATION OF ECOSYSTEMS OF THE DARWIN NATURE RESERVE

© Саченок Д. А., Мясков А. А., Коликов К. С., 2025



Саченок
Даниил Алексеевич



Мясков
Артемий Александрович



Коликов
Константин Сергеевич

**Daniil A. Sachenok¹,
Artemiy A. Myaskov²,
Konstantin S. Kolikov³**

^{1,2,3}National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia.

¹FSI ASRI for Occupational Safety and Labor Economics, Moscow, Russia.

²VNII Ecology, Moscow, Russia.

¹ave.daniil@yandex.ru,

²myaskovartemiy@gmail.com,

³kolikovks@mail.ru

Abstract. The issue of introducing a digital platform for environmental monitoring of the environment for the Rybinsk Reservoir region is considered. The possibility of introducing an electronic platform is emphasized in connection with a wide range of existing methods for collecting information on the environmental situation in the region. The article contains justifications for introducing the platform based on the existing anthropogenic impact on the territory of the Rybinsk Reservoir region from the industrial capacities of the region. Particular attention paid to the possible role of the Darwin Reserve in the monitoring system, using archival data on observations of the state of the environment.

The anthropogenic load on the Rybinsk Reservoir region is gradually increasing, despite the introduction of sustainable development strategies in large companies and treatment facilities at industrial facilities, in order to increase business responsibility and preserve the region's ecosystems, a system of electronic monitoring platforms can be put into operation, following the example of those already existing in Russia and in the world. Taking into account long-term observations and monitoring capacities in the presented territory, the implementation process will allow benefits to be derived without large costs. Effective use of a single digital platform can bring significant benefits to the region over a very long time. The main objective of the presented work is to justify the introduction of an electronic platform for environmental monitoring in the Darwin region and the selection of monitoring data for its systematization.

Keywords: ecology, environmental protection, environmental monitoring, anthropogenic impact, digital monitoring platform, systematization of scientific methods

ВВЕДЕНИЕ

Текущие мониторинговые возможности современной науки позволяют собирать спектр всевозможных наблюдений о состоянии природной среды в любом масштабе. Применяются лабораторные, вычислительные, методы прямого наблюдения, методы дистанционного зондирования, однако получаемые материалы располагаются в различных уровнях доступа и часть из них, как правило, не рассматривается на должном уровне и в совокупности с остальными, что обедняет точность и полноту знаний об экологической обстановке.

Возможным решением по объединению и систематизации мониторинговых знаний является уже опробованная на практике система цифровых платформ. Подобные платформы открывают следующие возможности:

- систематизирование всех существующих методов мониторинга на определенной территории;
- предоставление материалов для исследований в реальном времени;
- предоставление доступа для наблюдений всем желающим представителям науки, бизнеса, местного населения;
- повышенная скорость реакции на возможные изменения в состоянии экологической обстановки;
- возможность внедрения в существующую систему новых методов мониторинга, в том числе самых передовых и высокотехнологичных.

Электронные платформы экологического мониторинга постепенно получают развитие как в России, так и в мире. В открытом доступе для всех желающих наблюдателей расположены материалы мониторинговых платформ городов Москвы [1], Санкт-Петербурга, Челябинска, позволяющие получать данные в реальном времени. В Европейском союзе и странах Азии платформы позволяют исследователям решать как глобальные задачи, такие как мониторинг выбросов стран-членов системы EIONET [2], так и узко направленные, такие как состояние воды в районе аварии на АЭС Фукусима-1 [3][4].

Стоит отметить, что в России электронные платформы применяются только в ряде крупных промышленных центров, при этом собственной платформы экологического мониторинга не существует у региона Рыбинского водохранилища, который включает в себя производственные объекты города Череповец, загрязненные речные стоки из населенных пунктов и особо охраняемую природную территорию в виде Дарвинского заповедника, на который оказывается антропогенное воздействие.

Цель данной работы заключается в обосновании внедрения электронной платформы экологического мониторинга для региона Рыбинского водохранилища и дальнейшего совершенствования природоохранных мер, направленных на сохранения Дарвинского заповедника.

ИНФОРМАЦИЯ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ДАРВИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Предприятия промышленного города Череповец расположены на расстоянии около 30 километров от Дарвинского заповедника и воздействуют на его флору и фауну. Наибольший вклад в воздействие на экосистемы оказывают предприятия ФосАгро и Северсталь, которые представляют наиболее загрязняющие отрасли промышленности России.

Воздействие со стороны промышленных объектов оказывается через загрязнение воды Рыбинского водохранилища, выбросы в атмосферу, выпадения загрязненных осадков. В связи с тем, что роза ветров города Череповец в течении около 25 % годового времени направлена на Дарвинский заповедник, антропогенное воздействие наносит ущерб экосистемам ООПТ [5].

Стоит отметить, что сами производства применяют на своих территориях системы мониторинга выбросов и сбросов в окружающую среду, также предприятия ФосАгро и ПАО Северсталь имеют стратегии устойчивого развития в области охраны природы и сохранения биоразнообразия. Замеры можно найти в открытом доступе любому пользователю. Отдельно стоит отметить информацию в отчетах о влиянии предприятий ФосАгро и Северсталь на окружающую среду, в отчетах представлены длительные наблюдения и анализ выбросов и сбросов, помимо этого компании ведут график ввода новых производственных мощностей и очистных сооружений.

В Рыбинское водохранилище стекают реки и ручьи с больших окружающих площадей, что тоже оказывает влияние на состояние воды, в связи с возможным загрязнением. Проблемами загрязнения водных экосистем водохранилища в регионе занимается институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской Академии Наук [6], расположенный неподалеку от самого водохранилища.

На рисунке 1 представлена карта региона Рыбинского водохранилища. На карте отмечены Дарвинский заповедник, реки. Заповедник расположен в 30 километрах от основных источников загрязнения в виде производств города Череповец.

Систематизация знаний о выбросах и сбросах загрязняющих веществ в регионе Рыбинского водохранилища является достаточно актуальным вопросом для Дарвинского заповедника, на территории которого замечаются признаки деградации экосистем. В особенности признаки деградации проявляются при сравнении текущего состояния заповедника с архивными данными Летописи Природы [7], которая велась с момента основания заповедника в 1945 году и несет в себе широкий пласт наблюдений за природой. Эта информация также способна подтвердить нарастание антропогенного воздействия на заповедник на временных отрезках публикации летописей и сопоставления их с внедрением новых производственных мощностей предприятий региона Рыбинского водохранилища.



Рис. 1. Карта
региона Рыбинского
водохранилища

ВОЗМОЖНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РЕГИОНА

Регион Рыбинского водохранилища уже можно считать готовым к внедрению цифровой платформы мониторинга в связи с рядом взаимосвязанных факторов:

1) промышленные объекты имеют свои собственные системы экологического мониторинга и стратегии контроля выбросов и сбросов. Возможности систем экологического мониторинга промышленных предприятий, в области контроля выбросов и сбросов, широко применяются в системах мониторинга крупных городов и промышленных регионах;

2) территория Рыбинского водохранилища обладает рядом станций Росгидромета [8] и Росводресурсов [9], которые используют датчики измерения параметров качества воды и воздуха в реальном времени;

3) институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской Академии Наук производит замеры качества и дальнейший анализ;

4) возможно использование методов дистанционного спутникового зондирования в целях возможной корректировки уже имеющихся мониторинговых данных;

5) датчики для учета состояния воздуха установлены в ряде населенных пунктов вокруг Рыбинского водохранилища, наибольшее их число в городах Череповец и Рыбинск, в связи с наибольшим числом промышленных объектов на их территории [10];

6) летописи природы Дарвинского заповедника дают исследователям ряд возможностей для проверки своих измерений и выявленных закономерностей антропогенного воздействия и окружающей среды.

Существующая система мониторинга представляет собой широкий спектр инструментов, включающий в себя как автоматические системы, так и взятие разнообразных проб [11]. Однако при этом оставляет пространство для маневра и использования высоко-

технологических решений, таких как применение беспилотных летательных аппаратов для фотосъемки и спутникового зондирования и дальнейшего преобразования спутниковых снимков в карты, обработанные программами вегетативных индексов.

На рисунке 2 представлена схема, которая позволяет показать весь спектр необходимых данных для насыщения платформы экологического мониторинга сведениями о наблюдениях. Все представленные методы работают в регионе Рыбинского водохранилища или являются легко внедряемыми в процесс мониторинга экологической обстановки региона. На рисунке представлены как количественные формы оценки, такие как лабораторные исследования, автоматический сбор показателей и расчетные методы подсчета численности различных популяций в экосистемах, так и качественные, получаемые при помощи различных форм биоиндикации и дистанционного зондирования.

Совокупность текущих возможностей позволяет производить экологический мониторинг с необходимой точностью. Ряд параметров можно измерять в реальном времени при помощи существующих мониторинговых станций и доработки их оборудования [12]. На рисунке 3 представлены точки, где производятся разнообразные измерения состояния окружающей среды в регионе Рыбинского водохранилища.

Однако текущая система мониторинга региона Рыбинского водохранилища имеет ряд существенных недостатков, несмотря на значительный потенциал существующих станций измерений и точек снятия проб, особенно следует отметить нерегулярное обновление данных и отсутствие использования качественной оценки состояния окружающей среды, которой наносится ущерб со стороны промышленных объектов. Доработать систему экологического мониторинга возможно в следующих компонентах:

- мониторинг будут осуществляться как с точки зрения количественных характеристик (существующая система наблюдения), так и с качественных характеристик (летописи природы);



Рис. 2. Методы заполнения платформы экологического мониторинга данными наблюдений



Рис. 3. Карта Дарвинского заповедника с точками мониторинга

- доступ к платформе будет осуществляться для всех заинтересованных лиц;

- регулярное обновление данных позволит осуществлять непрерывный мониторинг на протяжении длительного времени и формировать архивные материалы наблюдений.

Таким образом, система мониторинга, применяющая цифровую платформу, позволит существенно улучшить текущее состояние в области наблюдения за состоянием окружающей среды.

Стоит подчеркнуть и новое перспективное решение в системе экологического мониторинга — использование биомониторинга. Заповедные территории представляют собой не только инструмент мониторинга, но и длительные процессы наблюдения за природой, которые можно найти в летописях природы каждого существующего заповедника. Эти наблюдения способны дать свежую оценку на экологическую обстановку благодаря изменениям флоры и фауны на территории заповедника. При помощи летописей природы можно как проверить точность текущих измерений, так и оценить влияние конкретных антропогенных факторов влияния на заповедные территории. Однако сама система заполнения летописей природы децентрализована, не имеется общих требований, вида и систематизации данных всех летописей, но даже внедрение целостной системы и четких параметров содержания не является экономически затратным фактором. Стоит отметить ряд азиатских исследователей окружающей среды, которые подмечают важность наличия данных об историческом развитии экосистем, к примеру длительное наблюдение за мангровыми лесами позволило полноценно оценить постепенное воздействие производства на природу [13]. Таким образом, внедрение летописей в систему экологического мониторинга является очень перспективным решением с заделом на будущее.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Мониторинговые возможности современных методов постоянно увеличиваются и на их основе формируются крупные базы данных разного рода, качества и направления. В случае получения крупных объемов данных из разных источников, исследователи постепенно приходится сталкиваться с необходимостью систематизации материалов, в связи со стремительно повышающейся сложностью процессов обработки.

Решение в виде электронных систем баз данных позволяет облегчить и усовершенствовать любые формы учета больших объемов информации, в том числе и материалов, касающихся вопросов экологического мониторинга и антропогенного воздействия на окружающую среду. В случае работы по систематизации данных о состоянии экологии региона Рыбинского водохранилища, ряд средств измерений состояния окружающей среды, используемый бизнесом, правительством и научными сотрудниками, соотносят с архивными данными по наблюдениям за экосистемой Дарвинского заповедника, непосредственно расположенного в регионе. Представленные объемы информации слишком велики, для ручного взаимодействия с ними, в этой связи возникает повышенный запрос на использование электронной платформы экологического мониторинга.

При должном уровне систематизации, электронная платформа может достаточно быстро приносить пользу всем заинтересованным в ней лицам, то есть представителям науки, бизнеса и социума, проживающего на изучаемой территории.

На электронной платформе в регионе Рыбинского водохранилища можно учитывать как количественные данные, собираемые при помощи аппаратуры и лабораторных измерений, так и качественные параметры, получаемые непосредственно с места наблюдения, в представленном случае это Дарвинский заповедник, обладающий объемными архивными материалами состояния экосистем. Отдельно стоит отметить и материалы института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской Академии Наук, активно занимающегося различными проблемами водных экосистем водохранилища.

Внедрение цифровой платформы позволит наладить процессы по совершенствованию взаимосвязей количественной и качественной оценок состояния окружающей среды. В этой связи ряд преимуществ получают процессы рекультивации территорий и восстановления популяций рыб, птиц и животных [14] на территории Рыбинского водохранилища.

Результаты мониторинга могут использоваться для принятия решений о сохранении и управлении экосистемой, а также для разработки стратегий по снижению негативного воздействия на окружающую среду [15], [16], [17], [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс внедрения цифровой платформы экологического мониторинга для региона Рыбинского водохранилища является возможным и актуальным в текущей ситуации, ввиду наличия ряда существующих систем мониторинга, таких как станции контроля качества воды и воздуха, системы контроля выбросов и сбросов промышленных предприятий. Помимо мониторинговых систем применять для получения данных об экологическом состоянии окружающей среды возможно Летописи Природы Дарвинского заповедника, что в свою очередь позволяет ученым осуществлять проверку взаимосвязи между антропогенными факторами и экосистемами.

С точки зрения возможностей сбора материалов для мониторинга, регион Рыбинского водохранилища имеет большой потенциал для дальнейшего изучения и систематизации получаемых данных.

В случае внедрения цифровой платформы экологического мониторинга в регион Рыбинского водохранилища в сжатые сроки получится повысить точность получаемых данных, за счет сверки различных источников, и найти компромиссные решения в системе человек-природа для науки и бизнеса.

Принимаемые решения в области защиты окружающей среды, основанные на полученных материалах платформы экологического мониторинга, позволят усовершенствовать природоохранные меры в регионе. Совершенствование природоохранных мер в свою очередь приведет к уменьшению ущерба экосистемам Дарвинского заповедника и территории Рыбинского водохранилища.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление правительства Москвы № 284-ПП от 27.03.2001 «О создании государственного природоох-

рванного учреждения «Мосэкомониторинг». — Текст: непосредственный. — В целях обеспечения комплексного контроля за состоянием окружающей среды столицы и обеспечения государственных органов и населения оперативной экологической информацией.

2. The European Environment Information and Observation Network (Eionet) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.eionet.europa.eu/> (дата обращения: 25.01.2025).
3. Song, Jinho. Perspectives on a Severe Accident Consequences—10 Years after the Fukushima Accident / Jinho Song // Journal of Nuclear Engineering. — 2021. — Vol. 2, No. 4. — P. 398–411. — DOI: 10.3390/jne2040030.
4. Горчаков, В. В. Уроки Фукусимы-1 / В. В. Горчаков // Таможённая политика России на Дальнем Востоке. — 2023. — № 1(102). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uroki-fukusimy-1> (дата обращения: 25.01.2025).
5. Официальный сайт Дарвинского заповедника [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.xn--80aesagfxy.xn--p1ai/> (дата обращения: 25.01.2025).
6. Официальный сайт Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.ibiw.ru/> (дата обращения: 25.01.2025).
7. Архив летописей природы Дарвинского заповедника, наблюдения с 1945 года [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.xn--80aesagfxy.xn--p1ai/biblioteka/letopis-prirody/> (дата обращения: 25.01.2025).
8. Кашутина, Е. А., Ясинский, С. В., Гришанцева, Е. С., Расулова, А. М., Фасахов, М. А., Шайдулина, А. А. Массовое содержание загрязняющих веществ в воде верхневолжских водохранилищ в годы разной водности // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2024. — № 6. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/massovoe-soderzhanie-zagryaznyayuschih-veschestv-v-vode-verhnevolzhskih-vodohranilishch-v-gody-raznoy-vodnosti> (дата обращения: 25.01.2025).
9. Законнова, А. В., Литвинов, А. С. Многолетние изменения гидроклиматического режима Рыбинского водохранилища // Труды Института биологии внутренних вод РАН. — 2016. — № 75(78). — [Электронный ресурс] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoletnie-izmeneniya-gidroklimaticheskogo-rezhima-rybinskogo-vodohranilisha> (дата обращения: 25.01.2025).
10. Яшалова, Н. Н., Рубан, Д. А. Показатели оценки эколого-экономической устойчивости промышленных городов // Вестник Томского государственного университета. Экономика. — 2023. — № 64. — [Электронный ресурс] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-otsenki-ekologo-ekonomicheskoy-ustoychivosti-promyshlennykh-gorodov> (дата обращения: 25.01.2025).
11. Хван, Т. А. Экологические основы природопользования: учебник для студентов среднего профессионального образования / Т. А. Хван. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва: Юрайт, 2019. — 253 с.
12. Глухов, А. Т. Транспортная планировка, землеустройство и экологический мониторинг городов: учебное пособие / А. Т. Глухов, А. Н. Васильев, О. А. Гусева. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 324 с.
13. Chen Danyang et al. Historical ecological monitoring and appraisal for extractive uses and other values in Malaysia unveils consequences of regime shifts in 120 years of man-

grove management // *Journal for Nature Conservation*. — 2024. — Vol. 79. — Article 126582. — ISSN 1617-1381. — DOI: 10.1016/j.jnc.2024.126582. — Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1617138124000311> (дата обращения: 25.01.2025).

14. Поливанов, В. М. Ранги и особенности структуры популяций у птиц // *Русский орнитологический журнал*. — 2024. — № 2454. — [Электронный ресурс] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rangi-i-osobennosti-struktury-populyatsiy-u-ptits> (дата обращения: 22.01.2025).
15. Эсламбекова, С. А. Экологический мониторинг и контроль окружающей среды // *Индустриальная экономика*. — 2023. — № 1.
16. Chapman M. et al., 2024. Biodiversity monitoring for a just planetary future // *Science*. — Vol. 383, Issue 6679. — P. 34–36. — DOI: 10.1126/science.adh8874.
17. Шмелев, В. С. Применение цифровых технологий для минимизации антропогенного воздействия в морских портах / В. С. Шмелев, А. В. Мясков, Е. В. Севостьянова // *Автоматизация в промышленности*. — 2023. — № 10. — С. 58–62. — DOI: 10.25728/avtprom.2023.10.12. — EDN: KDJXKA.
18. Шмелев, В. С. Внедрение автоматизированных систем мониторинга окружающей среды для обеспечения экологической безопасности в морских угольных портах / В. С. Шмелев, А. В. Мясков, А. А. Мясков [и др.]. — Текст : непосредственный // *Строитель Донбасса*. — 2024. — Выпуск 4-2024. — С. 73-79. — doi: 10.71536/sd.2024.4c29.10. — ISSN 2617-1848.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Саченок Даниил Алексеевич — аспирант кафедры безопасности и экологии горного производства Национального исследовательского технологического университета МИСИС, Москва, Россия. Научные интересы: экология, устойчивое развитие, экологический мониторинг, природоохранные технологии, сохранение экосистем.

Мясков Артемий Александрович — студент кафедры строительства подземных сооружений и горных предприятий Национального исследовательского технологического университета МИСИС, Москва, Россия. Научные интересы: экология, устойчивое развитие, горные науки, науки о Земле.

Коликов Константин Сергеевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности и экологии горного производства Горного института, Национального исследовательского технологического университета МИСИС, Москва, Россия. Научные интересы: науки о Земле, геоэкология, горное дело.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Sachenok Daniil A. - Postgraduate Student. Department of Safety and Ecology of Mining at the National Research Technological University “MISIS”, Moscow, Russia. Research interests: ecology, sustainable development, environmental monitoring, environmental technologies, ecosystem conservation.

Myaskov Artemiy A. — Bachelor, Department of Construction of Underground Structures and Mining Enterprises, National Research Technological University “MISIS”, Moscow, Russia. Scientific interests: ecology, sustainable development, mining sciences, Earth sciences.

Kolikov Konstantin S. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Safety and Ecology of Mining Production, Mining Institute, National Research Technological University “MISIS”, Moscow, Russia. Research interests: Earth sciences, geoecology, mining,

REFERENCES

1. Chapman M., et al., 2024. Biodiversity monitoring for a just planetary future. *Science*, 383(6679), pp. 34–36. DOI:10.1126/science.adh8874.
2. Chen Danyang et al., 2024. Historical ecological monitoring and appraisal for extractive uses and other values in Malaysia unveils consequences of regime shifts in 120 years of mangrove management. *Journal for Nature Conservation*, 79, p. 126582. ISSN: 1617-1381. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1617138124000311> (Accessed: 25 January 2025).
3. Decision of the Moscow Government No. 284-PP dated 27.03.2001 On Establishing the State Environmental Institution “Moskomonitoring” [Online]. Text direct. Available at: <http://mos.ru> (Accessed: 25 January 2025).
4. Eslambekova S.A., 2023. Ecological monitoring and environmental control. *Industrial Economics*, (1).
5. Glukhov A.T., Vasilyev A.N. and Guseva O.A., 2019. *Urban Transportation Planning, Land Management and Environmental Monitoring: Study Guide*. St. Petersburg: Lan Publishing.
6. Gorchakov V.V., 2023. *Lessons from Fukushima-1* [e-book]. *Russkaya Politika Dal'nego Vostoka* [Russian Far East Policy], (1(102)), pp. 109–121. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/uroki-fukusimy-1> (Accessed: 25 January 2025).
7. Kashutina E.A., Yasinovsky S.V., Grishantseva E.S., Rasulova A.M., Fasakhov M.A. and Shaidulina A.A., 2024. Mass content of pollutants in the water of Upper Volga reservoirs in different water years. *Water Resources of Russia: Problems, Technologies, Management*, (6). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/massovoe-soderzhanie-zagryaznyayuschih-veschestv-v-vode-verhnevolzhskih-vodohranilishch-v-gody-raznoy-vodnosti> (Accessed: 25 January 2025).
8. Khvan T.A., 2019. *Ecological Foundations of Resource Management: Textbook for Vocational Education*. 6th ed. rev. and enl. Moscow: Yurait Publishing. 253 p.
9. Polivanov V.M., 2024. Ranks and structure features of bird populations. *Russkiy Ornitologicheskii Zhurnal* [Russian Ornithological Journal], (2454). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rangi-i-osobennosti-struktury-populyatsiy-u-ptits> (Accessed: 22 January 2025).
10. Song Jinho, 2021. Perspectives on severe accident consequences — 10 years after the Fukushima accident. *Journal of Nuclear Engineering*, 2(4), pp. 398–411. DOI:10.3390/jne2040030.

11. Zakonnova A.V. and Litvinov A.S., 2016. Long-term changes in the hydroclimatic regime of Rybinsk Reservoir. *Proceedings of the Institute of Biology of Inland Waters RAS*, (75(78)). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoletnie-izmeneniya-gidroklimaticheskogo-rezhima-rybinskogo-vodohranilisha> (Accessed: 25 January 2025).
12. Yashalova N.N. and Ruban D.A., 2023. Indicators for assessing the environmental and economic sustainability of industrial cities. *Tomsk State University Journal of Economics*, (64). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-otsenki-ekologo-ekonomicheskoy-ustoychivosti-promyshlennykh-gorodov> (Accessed: 25 January 2025).
13. The European Environment Information and Observation Network (Eionet) [Online]. Available at: <https://www.eionet.europa.eu/> (Accessed: 25 January 2025).
14. Shmelev V.S., Myaskov A.V. and Sevostyanova E.V., 2023. Application of digital technologies to minimize anthropogenic impact in seaports. *Automation in Industry*, (10), pp. 58–62. DOI:10.25728/avtprom.2023.10.12. EDN: KDJXKA.
15. Darwin Reserve Official Website [Online]. Available at: <https://www.xn--80aesagfxyn.xn--p1ai/> (Accessed: 25 January 2025).
16. Institute of Biology of Inland Waters named after I.D. Papanin RAS [Online]. Available at: <https://www.ibiw.ru/> (Accessed: 25 January 2025).
17. Archive of nature chronicles of Darwin Reserve, observations since 1945 [Online]. Available at: <https://www.xn--80aesagfxyn.xn--p1ai/biblioteka/letopis-prirody/> (Accessed: 25 January 2025).
18. Shmelev, V.S., Myaskov, A.V., Myaskov, A.A. et al., 2024. Implementation of automated environmental monitoring systems to ensure ecological safety in sea coal ports. *The Builder of Donbass*, (4–2024), pp. 73–79. ISSN 2617-1848. DOI: 10.71536/sd.2024.4c29.10.

Статья поступила в редакцию 06.05.2025; одобрена после рецензирования 16.05.2025; принята к публикации 23.05.2025.

The article was submitted 06.05.2025; approved after reviewing 16.05.2025; accepted for publication 23.05.2025.