

Исследование техногенных циклов обращения ресурсов и продукции как информационно-аналитическая база прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера

И.В. Влад^{1✉}, Э.С.Цховребов², А.Е. Лебедев³, О.П. Филиппова⁴

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия

^{3,4}Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия

Аннотация. Актуальность проводимого исследования заключается в нерешенной проблеме предупреждения социально-экономических, экологических и иных последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Целью работы послужило исследование техногенных циклов обращения ресурсов и продукции в формате формирования информационно-аналитической базы прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Задачи исследования: анализ литературных источников по теме работы с выбором стратегии и тактики проводимого исследования, изучения этапов техногенных циклов оборота продукции и сырья, объектов и процессов негативного воздействия на окружающую среду как потенциальных источников возникновения, так и развития чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, выработка предложений по экологизации техногенных циклов в целях обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и экологической безопасности территорий. Представленные авторами результаты исследования не являются окончательными, они будут использованы в качестве информационно-аналитической базы в процессе научно-методического обоснования прогнозирования опасных техногенных событий и процессов в целях предупреждения аварий, катастроф, штатных ситуаций, несущих опасность для природной среды, жизни и здоровья нынешнего и будущих поколений российских граждан.

Ключевые слова: экологическая безопасность, прогнозирование, техногенные циклы, мониторинг, техносферная опасность, жизнеобеспечение территорий, городское хозяйство, чрезвычайные ситуации, предупреждение последствий

Для цитирования: Влад И.В., Цховребов Э.С., Лебедев А.Е., Филиппова О.П. Исследование техногенных циклов обращения ресурсов и продукции как информационно-аналитическая база прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2025. Т. 15. № 3. С. 420–432. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-3-420-432>. EDN: EYLCGW.

Original article

Research of technogenic cycles of resource and product circulation as an information and analytical base for forecasting and preventing technogenic emergencies

Igor V. Vlad^{1✉}, Eduard S. Tshovrebov², Anton E. Lebedev³, Olga P. Filippova⁴

^{1,2}All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies of the Ministry of Emergency Situations, Moscow, Russia

^{3,4}Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

Abstract. The relevance of the research lies in the unresolved problem of preventing socio-economic, environmental and other consequences of technogenic emergencies. The purpose of the work was to

© Влад И.В., Цховребов Э.С., Лебедев А.Е., Филиппова О.П., 2025

study technogenic cycles of resource and product circulation in the format of forming an information and analytical database for forecasting and preventing technogenic emergencies. Research objectives: analysis of literary sources on the topic of working with the choice of strategy and tactics of the conducted research, study of the stages of technogenic cycles of turnover of products and raw materials, objects and processes of negative impact on the environment as potential sources of occurrence and development of natural and technogenic emergencies, development of proposals for the greening of technogenic cycles in order to ensure the safety of the population and the environmental safety of the territories. The research results presented by the authors are not final, they will be used as an information and analytical base in the process of scientific and methodological substantiation of forecasting dangerous technogenic events and processes in order to prevent accidents, disasters, emergency situations that pose a danger to the natural environment, life and health of the future and future generations of Russian citizens.

Keywords: environmental safety, forecasting, technogenic cycle, monitoring, technosphere hazard, life support of territories, urban economy, emergency situations, prevention of consequences

For citation: Vlad I.V., Tshovrebov E.S., Lebedev A.E., Filippova O.P. Research of technogenic cycles of resource and product circulation as an information and analytical base for forecasting and preventing technogenic emergencies. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2025;15(3):420-432. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-3-420-432>. EDN: EYLCGW.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие и совершенствование научно-методической базы в области прогнозирования и предупреждения техногенных угроз экологической безопасности установлено «Стратегией экологической безопасности Российской Федерации» в качестве одной из основ достижения экологической безопасности в нашей стране.

Жизнеспособность социо-природно-техногенной системы характеризуется ее способностью к сохранению или адаптации к изменяющимся внешним условиям без деградации образующих ее компонентов. Создавая и всемерно развивая искусственную среду своего обитания, измененную в результате жизнедеятельности и удовлетворения своих потребностей (техносферу), человек постепенно начинает осознавать, что уйти от законов природы невозможно, их необходимо учитывать и следовать им в ходе своего развития. Наиболее сложные противоречия у людей всегда вызывал циклический характер всего происходящего вокруг.

Действительно, рассматривая любое развитие в достаточно большом временном интервале, проявляется его неотъемлемое свойство – цикличность, которая приносит нам все новое, неизвестное и забирает все старое, к чему мы привыкли. Экономические и экологические кризисы, социальные конфликты определяют ход истории развития нашей цивилизации. Все они являются результатом субъективного стремления общества (или его части) быстро достичь нового или любой ценой сохранить старое. Все живое на нашей планете зависит миллионы лет от различных

циклов: временных, погодных, климатических, уровня Мирового океана, геологических ритмов Земли, динамики численности и ареалов биологических видов, круговорота и оборота различных видов ресурсов, продукции, энергии, веществ и многих других факторов. Синхронность и динамика протекания большинства этих циклов нарушена негативным антропогенным воздействием, что создает угрозу для безопасности человечества.

В связи с этим возникает сложно разрешимое противоречие: при желании сохранить вечные ценности, в первую очередь, неповторимый окружающий природный мир, человек стремится реализовать максимум возможных технологических новаций в целях улучшения своего благосостояния, комфортности, благоприятности жизнедеятельности. В этом процессе упускается из виду важнейший фактор обеспечения продолжения жизни на планете – состояние защищенности человека, природной среды, территорий и объектов жизнеобеспечения от внешних негативных воздействий, вызванных опасными проявлениями техногенеза, а именно – безопасность. Это понятие включает в себя весь комплекс и многофакторные аспекты рассматриваемого циклического процесса: безопасность жизнедеятельности, экологическая, санитарно-эпидемиологическая, техническая, радиационная, пожарная, а также безопасность при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций.

Одним из важнейших механизмов предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера служит прогнозирование возникновения и развития техногенных событий и

процессов. Эти события и процессы напрямую связаны с жизнедеятельностью человека, т. е. с социальным фактором. С другой стороны, они связаны с циклическими процессами добычи природных ресурсов, производством из них продукции (строительной, технической, пищевой и пр.), ее использованием, эксплуатацией, потреблением. Заканчивается данный цикл образованием, в результате жизнедеятельности людей, морального и физического износа, ликвидацией и технологическим переделом продукции опасных предметов, веществ, соединений, представленных в различных фазах: жидкой (сбросы сточных вод), газообразной (выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух), твердой и жидкой (отходы производства и потребления).

Все эти экологически опасные конечные результаты техногенного цикла обладают свойствами в разной степени высокой реакционной способности, токсичности, взрыво- и пожароопасности. Они служат потенциальными источниками возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций (аварии, взрывы, пожары и пр.) с образованием впоследствии неблагоприятных экологических, социально-экономических и иных последствий. Поэтому прикладные междисциплинарные научные исследования, направленные на поиск, разработку, совершенствование методов, механизмов, организационно-технических решений и мер, прогрессивных технологий и технических средств, обеспечивающих предупреждение, снижение, снижение техногенной опасности на каждом этапе техногенных циклов обращения ресурсов и продукции, являются чрезвычайно актуальными и значимыми.

Авторы статьи проанализировали взаимосвязь техногенных циклов ресурсов и продукции с социально-природными и экологическим факторами и дали свои рекомендации по дальнейшим направлениям научных исследований в этой социально значимой для устойчивого развития человечества области знаний.

МЕТОДЫ

Материалами для проведения исследования являлись опубликованные в открытом доступе научно-практические результаты отечественных и зарубежных ученых в области анализа рисков угроз чрезвычайных ситуаций [1–5], предотвращения, уменьшения, снижения уровня техногенных загрязнений [6–10], экологической безопасности [11–15], техногенного воздействия процессов обращения опасных отходов [16–20], ресурсосберегающих систем экологически безопасного обращения вторичных ресурсов [21–25]. В работе использованы результаты собственных исследований

авторов [26–30]. Методов исследования: систематизация, композиция, ретроспективный, сравнительный и логический анализ собранных информационных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования дана оценка цикличности хозяйственной деятельности человека, носящей техногенный характер.

Исследование проведено на примере городского хозяйства и строительства как основных видов деятельности по обеспечению жизнеобеспечения селитебных территорий. Так, основными этапами жизненного цикла объекта недвижимости комплекса жизнеобеспечения являются:

- организационно-технический замысел и намерение создать объект недвижимости;
- размещение объекта;
- технико-экономическое обоснование инвестиционного предложения и оценка воздействия на окружающую среду;
- проектирование;
- ввод в эксплуатацию;
- функционирование, эксплуатация предприятия;
- реконструкция, техническое перевооружение, модернизация предприятия;
- ликвидация (снос, демонтаж).

Результаты хозяйственной деятельности человека, использованные материалы, сырье, продукция, товары и изделия, проходят через вышеперечисленные этапы и так попадают в природную среду. Большинство из них имеют вид, характер отходов, обладающих свойствами экологической опасности для компонентов природной среды, и токсичны для человека и всех видов биологических ресурсов. Образуемые в результате реализации отдельных этапов циклических техногенных процессов, опасные техносферные объекты создают угрозу устойчивому развитию человеческого общества, сохранению природной среды и природных ресурсов (рис. 1). Циклический характер носят многие виды антропогенной деятельности: обращение с отходами, водопользование или смена агроценозов при интенсивном сельском хозяйстве. Циклическостью отличаются все технологические процессы, даже в атомной энергетике. Неправильно планировать или анализировать природоохранную деятельность без определения техногенных циклов, с которыми она связана и на которые она может повлиять. Основная разница между циклами природными и техногенными состоит в том, что первые человек не может прервать, а может только изменить, а вторые он часто прерывает, точнее не заканчивает из субъективных побуждений развития своего благосостояния.



Рис. 1. Графическое отображение последовательности анализируемых процессов
Fig. 1. Graphical representation of the sequence of analyzed processes

Нарушение производственных циклов в результате антропогенной деятельности наносит непоправимый ущерб природной среде, благоприятности, безопасности жизнедеятельности населения, способствует возникновению чрезвычайных ситуаций техногенного характера с неблагоприятными социально-экономическими, экологическими и иными

последствиями. Классификация опасных техногенных процессов и событий, источников возникновения чрезвычайных ситуаций, вызванных допущенными нарушениями установленных требований, стандартов, правил, нормативов и иных правовых актов в ходе осуществления антропогенной деятельности человеком, представлена на схеме (рис. 2).

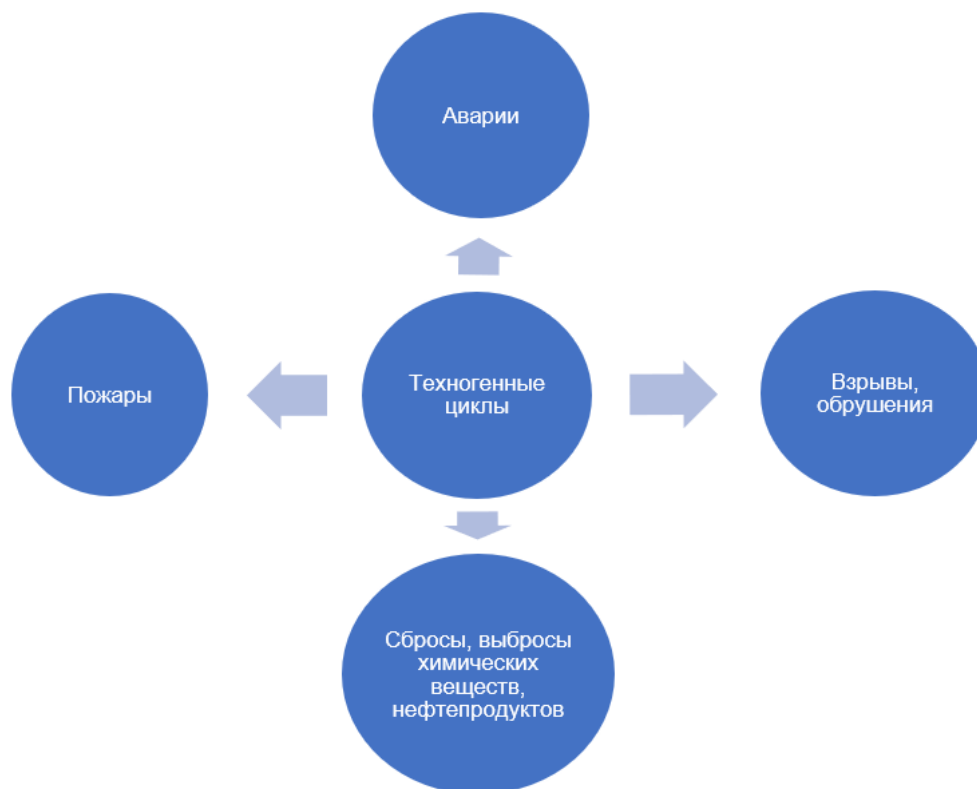


Рис. 2. Опасные последствия реализации техногенных циклов
Fig. 2. Dangerous consequences of the implementation of technogenic cycles

Для выработки экологически ориентированных стратегий безопасности жизнедеятельности от локального до глобального уровня, отвечающих концепции устойчивого развития и вышеназванным принципам организации деятельности по экологической безопасности, необходимо понимать, что они должны быть выстроены с учетом циклического характера развития ее системных единиц. Организация экологически безопасной деятельности должна быть направлена на выявление техногенных циклов, свойственных данному уровню управления деятельностью, и обеспечения его непрерывного, законченного движения с рациональной скоростью. Основными уровнями организации означенной деятельности являются: личностный, производственный, муниципальный, районный, субъектовый, национальный и международный.

Эксплуатация автотранспорта и утилизация пришедших в негодность автомобилей сопряжена со многими видами негативного воздействия на окружающую среду. Отсутствует прямая норма российского права, предписывающая сдавать на утилизацию отработавшую свой срок технику, нет определенного места, куда ее можно сдать. Существует рентабельность в приеме ряда составляющих автомобиля (аккумулятор, ходовая и двигатель), а вот целиком его не берут. Полноценная разборка с утилизацией отдельных составляющих сегодня себя не окупает, а об оплате за старый, побывавший во многих руках автомобиль, сегодня только говорят, так как эта обязанность должна лечь на последнего пользователя. Независимо от того, где закончил свой пробег автомобиль, в родном дворе, овраге или на свалке с частичной разборкой и прессованием кузова, он является экологической проблемой, которую общество должно решить. Ее нельзя решить на уровне простого автолюбителя или предприятия, вследствие чего и происходит разрыв антропогенного цикла эксплуатации автомобиля. Датировать данный вид можно за счет специальных платежей при продаже автотранспорта, что по нынешнему состоянию автомобильной отрасли в России является обыкновенным популяционизмом. Однако решить эту невыгодную для автомобильной промышленности проблему можно на государственном (национальном) уровне.

Для решения утилизации автомобилей важным является создание сети предприятий по утилизации автомобилей, эффективность которых напрямую будет связана со схемой их размещения и мощностью, а также правильностью распределения компенсационных средств. Эту сторону проблемы логичнее

решить на уровне региона. Немаловажную роль имеет и муниципальный уровень, который должен упростить процедуру приема для своих жителей и предприятий и проконтролировать их добросовестность по передаче автомобиля на утилизацию.

Техногенные циклы частично совпадают с природными циклами. В этой части они способны образовать сложные экологические проблемы, которые невозможно решить без правильного системного подхода. Возьмем круговорот углерода в природе, который значительно расширился в связи с выбросами за счет ряда антропогенных процессов. Для схематичности возьмем только теплоэнергетику городского хозяйства.

В антропогенном цикле оборота углерода в теплоэнергетике можно условно выделить следующие этапы движения углерода, содержащегося в топливе:

- выделение углекислого газа как продукта эмиссии почв, жизнедеятельности организмов, вулканической деятельности и пожаров естественного происхождения;
- содержание углекислого газа в выхлопных газах транспортных средств;
- формирование новых топливных ресурсов;
- частичное депонирование в почвенных и иных покровах Земли.
- отведение дымовых газов, в том числе углекислого и угарного, от тепловых агрегатов, с частичной очисткой.

Рассмотрим данную схему с использованием тепловой энергии торфа и дров, где выбросы углекислого газа компенсируются естественным путем, если объем их добычи не превышает величину естественного прироста этих природных ресурсов. Своевременное удаление перестоялой и больной древесины, а также отходов заготовки леса, важная природоохранная задача, решение которой надо искать в повышении привлекательности использования этого вида топлива для получения тепла и электроэнергии для местных нужд, а также в приготовлении древесного угля.

На основе вышесказанного, логично предположить проведение только санитарно-гигиенического нормирования выбросов углекислого газа от этих видов топлива и не ограничивать эти выбросы в глобальных масштабах (т. е. они должны быть вне лимитов, определенных «Киотским протоколом»). За эти выбросы также не следует проводить компенсационных платежей, так как при соблюдении технологии добычи торфа и лесозаготовки, с последующим их восстановлением, они являются законченным антропогенным циклом, синхронно

развивающимся с природным циклом круговорота углерода.

Следовательно, по основным технологическим свойствам, торф и дрова значительно уступают невосполнимым видам топлива, таким как уголь, нефть и газ. Введение экологического компенсационного платежа позволит пересмотреть их привлекательность для потребителя.

Вклад выбросов углекислого газа от теплоэнергетики сопоставим с вкладом животноводства в парниковый эффект. Формально антропогенный цикл оборота углерода в животноводстве полный и близок к природному циклу. Только роль природных экосистем передана агроэкосистемам. Однако отличие в них значительное. В естественных условиях все нагрузки по обороту углерода распространены по площади относительно равномерно, а в агроэкосистемах нет. Углерод не возвращается в землю, где содержание и выпас скота, а также внесение органических удобрений запрещено до мест, где его избыточно много. Просчитать точный баланс углерода достаточно трудно, но основные подходы к его оценке не так сложны:

- должны соблюдаться наилучшие технологии удаления биологических остатков из помещений содержания скота;
- навозохранилища по инфраструктуре и вместимости должны обеспечивать оптимальные условия перегнивания;
- транспортировка навоза должна осуществляться герметично;
- навозная жижа и сбросы ливнестоков с территории животноводческого комплекса должны эффективно очищаться.

К дополнительным требованиям в этой области следует отнести сбор и использование газов, отходящих от навозохранилища, и утилизация на таких объектах отходов с биологической составляющей – от соломы и древесины до самых мелких фракций бытового мусора и отдельных илов очистных сооружений.

Схема показывает необходимость увеличения поглощения углерода и сокращения выбросов. Для стимулирования реализации этих мероприятий необходимо внедрение соответствующих платежей, которые должны начисляться от вида и объема используемого топлива. Искключительно неэффективен современный российский подход к платежам от стационарных источников загрязнения, размер которого зависит от фактических объемов загрязнения. Эта процедура, сама по себе достаточно трудоемкая, обладает невысокой достоверностью и дает возможность манипулировать полученными результатами.

Процедура экологического нормирования выбросов загрязняющих веществ дублирует процедуру санитарно-гигиенического нормирования, а современные платежи слабо стимулируют внедрение пылегазоочистного оборудования. Упразднение подобной процедуры позволит заодно освободить многие тысячи экологических инспекторов и переориентировать их на наблюдение за эффективностью реализуемых природоохранных мероприятий.

Существующую систему платежей нужно заменить на другую, где объем платежей будет определяться в зависимости от характеристики и объема используемого топлива. Они станут просты в расчете и проверке правильности, а в размер платы легко можно заложить нормативы средств, необходимых на очистку их выбросов. Они будут стимулировать экономию топлива и повышение эффективности его использования. Часть средств следует направлять на технические мероприятия, напрямую связанные с оборотом углерода. Их можно реализовывать вне национальных рамок на выгодных условиях по разделу полученной в дальнейшем древесины. Россия богата не только природными ресурсами, но и многими сотнями тысяч гектаров техногенных пустынь, которые позволили на долгие годы покрыть мировые потребности в свободных землях, подлежащих лесорекультивации.

Размер платежа за топливо будет напрямую зависеть от его экологических характеристик. Топливо с большим объемом вредных примесей станет менее привлекательным на рынке и, как следствие, можно ожидать сокращение объемов его добычи.

Рассмотрим еще один техногенный цикл, частично совпавший с природным циклом, процесс выделения твердых частиц в атмосферный воздух от использования инертных материалов (это песок, гравий и т. д.), который накладывается на естественное запыление атмосферного воздуха. Важно изначально понимать, что товарный объем инертного материала, изъятый из недр, постоянно, под воздействием природных условий и антропогенной деятельности, уменьшается в объеме. Рассмотрим только один аспект этих потерь – образование пыли на всем пути производственного цикла обращения инертных материалов.

Основными этапами этого цикла:

- выделение пыли на всех этапах обращения с инертным материалом, от его добычи до стадии физического износа полученной из него продукции;
- запыление атмосферного воздуха;
- оседание пыли на поверхности;

- попадание большей части пыли в водные объекты;
- смыв заиленных частиц пыли в мировой океан и замкнутые акватории;
- геологический процесс формирования осадочных пород.

Таким образом, этапы цикла круговорота частиц инертного материала значительно различаются по продолжительности. Так, если срок нахождения этой частицы в атмосферном воздухе составляет несколько дней, то в геологических процессах формирования осадочных пород она будет участвовать десятки и сотни миллионов лет. И хотя частицы пыли инертных материалов, особенно с высоким содержанием кремния, представляют опасность для здоровья человека, а с уменьшением своей дисперсности возрастает их способность адсорбировать на себе вредные вещества, имеющие газообразное и жидкое состояние, негативное следствие этого вида воздействия носит локальный характер, не выходящий за рамки муниципальных образований. Основную опасность запыление атмосферного воздуха несет как дополнительный фактор заливания малых и средних водотоков, состояние которых в последнее время стало в России критическим.

Какие мероприятия следует провести, чтобы повысить уровень экологической безопасности? Во-первых, компенсационные платежи должны взиматься на начальной стадии добычи песка, платеж должен быть паритетным – поставщика и покупателя (по месту фактического размещения объектов добычи и переработки). Это позволит легко отслеживать объемы инертного материала, добываемого на законном основании (трудно дать оценку, но по этим видам ископаемых ресурсов в России высок объем добычи без лицензий, а это не только отсутствие средств в бюджетах разных уровней, но и вероятность низкого качества исходного сырья). Платежи должны взиматься соответственно с объемов добываемых ископаемых, а не по каждому предприятию их использующему. Во-вторых, они должны направляться на очистку водотоков и организацию локальных очистных сооружений поверхностных вод. Рекультивация карьеров, газо- и пылеочистное оборудование должны финансироваться из собственных средств организаций, их добывающих и перерабатывающих. По рекультивации необходим сбор заемных средств от природопользователя, начиная с первых лет эксплуатации месторождения. Развитие средств локальной очистки поверхностных стоков с территории антропогенных объектов должно быть сопряжено с развитием видов вторичного использования большинства илов

от этих сооружений. Вопросы регулирования уровня загрязнения атмосферного воздуха от объектов обращения с инертными материалами следует решать на муниципальном или на уровне субъекта. На местах следует решить вопрос установления повышающих коэффициентов размера компенсационной платы.

Круговорот воды в природе является основным механизмом очистки поверхностных вод. Антропогенный цикл использования вод может завершаться без ущерба для природной среды если за негативный аспект их использования принять предупреждение загрязнения химическими веществами от антропогенных объектов, таких как жилищно-коммунальный сектор и промышленность.

Вопросы охраны вод и их рационального использования носит межрегиональный, для малых по площади стран национальный, а для территорий, испытывающих дефицит воды, межнациональный характер. Скорость течения этих циклов небольшая, особенно если сравнивать с предыдущим. Поэтому определенные научным и экспертным сообществом основные направления охраны вод, известные не одно десятилетие, необходимо реализовать только на практике на научно-методической основе (рис. 3).

Все они вписываются в предложенную схему экологизации техногенных циклов. Эта схема похожа на всем известную, которая называется «Проникновение загрязняющих веществ в круговорот воды». Принципиальное различие в том, что в этом случае формируются два частично совместимых цикла: круговорот воды в природе и техногенный цикл использования вод. В первом случае, изучая схему проникновения загрязняющих веществ в круговорот воды, даются только предложения, препятствующие этому проникновению в целях сохранения стратегического запаса пресных вод и обеспечения их защиты и охраны от загрязнения и истощения. Во втором случае целесообразно сформировать комплекс таких превентивных мероприятий и решений на этапе хозяйственной деятельности.

Во-первых, признание работы по извлечению полезных компонентов из вод или со дна мирового океана, не приводящих к повышению содержания других загрязняющих веществ, без использования невозполнимых видов топлива энерго- и ресурсосберегающей деятельностью. Она не должна подлежать жесткому государственному регулированию, а проводится на заявительной основе, при условии согласования мест расположения инфраструктуры и процедуры подтверждения требований по сохранению объемов и многообразию

биологических ресурсов. Во-вторых, подобная деятельность должна быть освобождена от компенсационных экологических платежей и проводится на основе обязательной сертификации добываемого сырья. Изменение последовательности размещения на водотоках водозаборных узлов и очистных сооружений – последние должны быть выше первых по

течению реки. Компенсационные платежи за сброс загрязняющих веществ в водные объекты должен осуществляться с учетом естественного фона вод до их использования (в настоящее время платежи осуществляются за весь объем сброса загрязняющих веществ). Более детальная проработка схемы позволит значительно увеличить число предложений.



Рис. 3. Меры по экологизации техногенного цикла использования вод
Fig. 3. Measures for greening the anthropogenic cycle of water use

Говоря о сравнительном анализе всех трех схем, необходимо отметить, что эксплуатация неисчерпаемого ресурса, влекущая за собой снижение потребительских качеств этих ресурсов (в наших случаях использование пресных вод), требует компенсационных экологических платежей за объем произведенного негативного воздействия. Использование неисчерпаемого ресурса без снижения потребительских качеств этих ресурсов (запасов углерода в виде торфа и дров) следует проводить без проведения подобных платежей. Эксплуатация практически исчерпанного ресурса требует компенсационных экологических платежей на стадии добычи (реализации) сырья. Подход к этому решению очень прост, надо стимулировать завершение антропогенных циклов и уменьшать неблагоприятное воздействие на окружающую среду, проводить мероприятия по предупреждению такого воздействия.

Циклический подход в целях обеспечения экологической безопасности, как и многие другие, строго научные методы, не дает ответа на главный вопрос – где тот предел жизнеспособности современного общества, когда

суммарное негативное антропогенное воздействие разрушит цивилизацию, его порождающую. Однако экологические факторы внешнего воздействия взаимодействуют между собой гораздо сложнее, чем применяемые сегодня схемы взаимодействия, учитывающие от одного до четырех их лимитирующих видов. Это определяет не только недостаточную эффективность реализуемых в отношении их природоохранных мероприятий, но и достоверность любых прогнозов.

Основной идеологии экологической безопасности техногенных циклов могут служить:

- стремление к более полному возвращению природных ресурсов в начало цикла за более короткий срок;
- взятие собственником обязательств компенсации (возмещения) негативных последствий, нанесенных природным объектам, являющихся элементами соответствующих циклов;
- выявление многофакторности техногенных циклов основной элемент определения ответственности, в том числе комплексной, за состояние отдельных элементов окружающей природной среды;

– соотношение техногенных циклов с природными, во всех случаях, когда их последствия полностью не компенсируются собственником.

Игнорирование этих положений не позволит создать требуемый уровень безопасности техногенных циклов, а, следовательно, эффективно организовать систему комплексной безопасности населения, основой которой служат обеспечение безопасности жизнедеятельности человека и экологической безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение техногенных циклов с точки зрения обеспечения экологической безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера имеет важное научно-практическое значение.

По результатам проведенных исследований в работе выделен ряд принципов, которые следует учитывать при анализе техногенных циклов:

1. Определение комплексного воздействия негативной антропогенной деятельности в планетарном (глобальном) масштабе.

2. Необходимость ранжирования видов негативного антропогенного воздействия на глобальные, межнациональные, национальные, региональные и муниципальные следует проводить на основе анализа соответствующих техногенных циклов. Это способствует определению уровня власти, которая сможет наиболее эффективно осуществить регулирование и надзор за тем или иным видом вредного воздействия.

3. Техногенное преобразование природной среды – процесс объективный. Он должен учитывать обоснованность сокращения естественных и увеличения техногенных

территорий, рациональности использования земель, минимизации использования малоосвоенных территорий и сохранения особо охраняемых природных территорий (биологическое многообразие – важная составляющая гомеостаза биосферы).

4. Природопользование должно быть рациональным (разумным), т. е. воздействие на природную среду должно компенсироваться конкретными мероприятиями по обеспечению безопасности и предупреждению чрезвычайных ситуаций.

5. Определение видов и размеров компенсационных экологических платежей от отдельных антропогенных циклов, а также направлений использования этих средств, должно стать важнейшим принципом организации природоохранного дела, при правильном планировании стратегий развития народнохозяйственных комплексов.

6. Признание идеологии техногенной цикличности, ее интеграция со смежными дисциплинами (экологическая безопасность, экономика, управление, организация и технологии) предоставит возможность принятия обоснованных стратегических решений в области мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера, предупреждения и ликвидации их неблагоприятных социально-экономических, экологических и иных последствий.

Предложенный авторами научно-методический подход был использован при разработке методических рекомендаций по прогнозированию чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, применяемых в настоящее время в работе МЧС России и его территориальных органов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акимов В.А., Олтян И.Ю., Иванова Е.О. Методика ранжирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера по степени их катастрофичности // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 1. С. 4–7. <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2021.18.1.67.1.4>. EDN: IOGGXC.
2. Ломакин М.И., Докукин А.В., Мошков В.Б., Олтян И.Ю., Ниязова Ю.М. Оценка ущерба от чрезвычайной ситуации в условиях неполных данных // Технологии гражданской безопасности. 2022. Т. 19. № 3. С. 32–36. <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2022.19.3.73>. EDN: ZUSCWO.
3. Арефьева Е.В., Олтян И.Ю. Роль международного сотрудничества в области совершенствования прогнозирования рисков бедствий с учетом глобальных климатических изменений // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 2. С. 7–9. EDN: ZBGXSB.
4. Фалеев М.И., Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Болгов М.В. Методология и технология дистанционной оценки риска // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15. № 4. С. 6–19. EDN: YCNCAP.
5. Oltyan I.Y., Arefyeva E.V., Kotosonov A.S. Remote Assessment of an Integrated Emergency Risk Index // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 962. P. 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/4/042053>.
6. Суздалева А.Л. Экологическая глобалистика и устойчивое развитие на этапе техногенной трансформации биосферы // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. № 1. С. 6–11. <https://doi.org/10.31857/S0869780920010196>. EDN: HKJMPL.

7. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment // Life Cycle Assessment. Theory and Practice. Switzerland: Springer International Publishing AG, 2018. P. 695–720. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_28.
8. Hertwich E., Lifset R., Pauliuk S., Heeren N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. Nairobi, Kenya: UNESCO, 2020. 179 p.
9. Пупырев Е.И. Системы жизнеобеспечения городов. М.: Наука, 2006. 246 с.
10. Lundström S., De Haan J., Sturm J.-E. Market-Oriented Institutions and Policies and Economic Growth: A Critical Survey // Journal of Economic Surveys. 2006. Vol. 20. Iss. 2. P. 157–191. <https://doi.org/10.1111/j.0950-0804.2006.00278.x>.
11. Куценко В.В., Гурова Т.Ф. Экологическая безопасность: методологические подходы и способы реализации. М.: МНЭПУ. 2003. 158 с. EDN: QJITLB.
12. Теличенко В.И., Бенуж А.А., Глотова Е.П. Экологическая безопасность строительства в России: реальность и перспективы // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году. М.: Изд-во АСВ, 2022. С. 441–449. EDN: CBIYVG.
13. Цховребов Э.С. Новый подход к оценке параметров устойчивого развития в формате предотвращения экологической опасности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. № 3. С. 50–68. EDN: EHNHBO.
14. Графкина М.В., Потапов А.Д. Оценка экологической безопасности строительных систем как природно-техногенных комплексов (теоретические основы) // Вестник МГСУ. 2008. № 1. С. 23–28. EDN: MVHAJP.
15. Azarov V.N., Manzhilevskaya S.E., Petrenko L.K. Organizational and Economic Problems of Ecological Safety in Construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. P. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/5/055007>.
16. Владимиров С.Н. Проблемы переработки отходов строительной индустрии // Системные технологии. 2016. № 19. С. 101–105. EDN: WCNXNV.
17. Petropavlovskaya V.B., Artamonova S.V., Shchipsanskaya E.O., Ratkevich E.A., Petropavlovskii K.S. Environmental Management in Ash and Slag Waste Management in Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1010. P. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012135>.
18. Sereda T.G., Kostarev S.N., Novikova O.V., Ivanova I.E. Study of Solid Municipal Waste Accumulation Rates in Penitentiary Facilities in Perm Krai During the Pandemic of 2020 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1043. P. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012005>.
19. Волынкина Е.П. Анализ состояния и проблем переработки техногенных отходов в России // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 2. С. 43–49. EDN: YTOUCP.
20. Elgizawy S., El-Haggag S., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // Procedia Engineering. 2016. Vol. 145. P. 1306–1313. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.168>.
21. Ehresman T.G., Okereke C. Environmental Justice and Conceptions of the Green Economy // International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics. 2015. Vol. 15. P. 13–27. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9265-2>.
22. Chernykhivska A.V. Modern Perspectives of Development of “Green” Economy // Economic Processes Management: International Scientific E-Journal. 2015. Vol. 1. P. 1–8.
23. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons From the EU and the Member States // Ecological Economics. 2019. Vol. 155. P. 7–19. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.001>.
24. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the Circular Economy: an Analysis of 114 Definitions // Resources, Conservation & Recycling. 2017. Vol. 127. P. 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
25. Hart J., Adams K., Giesekam J., Densley Tingley D., Pomponi F. Barriers and Drivers in a Circular Economy: The Case of the Built Environment // Procedia CIRP. 2019. Vol. 80. P. 619–624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>.
26. Цховребов Э.С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 4. С. 450–463. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.4.450-463>. EDN: EPNQHR.
27. Цховребов Э.С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 11. С. 1326–1340. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.11.1326-1340>. EDN: YQNVNJ.
28. Kalaeva S., Tshovrebov E., Gennadieva A., Kalaev R. New Approaches to Oily Waste Treatment to Minimise Technology-Related Threats and Risks // Reliability: Theory & Applications. 2024. Vol. 19. Iss. 6. P. 886–892.

29. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning Measures for Environmentally Safe Handling with Extremely and Highly Hazardous Wastes in Industrial, Building and Transport Complex // *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 945. P. 988–994. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945.988>.
30. Tshovrebov E., Moshkov V., Oltyan I., Niyazgulov F. A New Approach to Assessing the Accuracy of Forecasting of Emergencies with Environmental Consequences Based on the Theory of Fuzzy Logic // *Nature Environment and Pollution Technology*. 2024. Vol. 23. Iss. 4. P. 2477–2481. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2024.v23i04.054>.

REFERENCES

1. Akimov V.A., Oltyan I.Yu., Ivanova E.O. Natural, Anthropogenic and Biological and Social Emergency Situations Ranking Technique by Catastrophic Degree. *Civil Security Technology*. 2021;18(1):4-7. (In Russ.). <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2021.18.1.67.1.4>. EDN: IOGGXC.
2. Lomakin M.I., Dokukin A.V., Moshkov V.B., Oltyan I.Yu., Niyazova Ju.M. Emergency Situation Damage Assessment in the Conditions of Incomplete Data. *Civil Security Technology*. 2022;19(3):32-36. (In Russ.). <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2022.19.3.73>. EDN: ZUSCWO.
3. Arefeva E.V., Oltyan I.Yu. The Role of International Cooperation for Better Disaster Risk Forecast in the Context of Ongoing Climate Change. *Scientific and Educational Problems of Civil Protection*. 2017;2:7-9. (In Russ.). EDN: ZBGXSB.
4. Faleev M.I., Oltyan I.Yu., Arefeva E.V., Bolgov M.V. Methodology and Technology of Remote Risk Assessment. *Issues of Risk Analysis*. 2018;15(4):6-19. (In Russ.). EDN: YCNCAP.
5. Oltyan I.Y., Arefyeva E.V., Kotosonov A.S. Remote Assessment of an Integrated Emergency Risk Index. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;962:1-7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/4/042053>.
6. Suzdaleva A.L. Ecological Globalistics and Sustainable Development at the Stage of Technogenic Transformation of the Biosphere. *Geokologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2020;1:6-11. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0869780920010196>. EDN: HKJMPL.
7. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment. In: *Life Cycle Assessment. Theory and Practice*. Switzerland: Springer International Publishing AG, 2018. P. 695–720. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_28.
8. Hertwich E., Lifset R., Pauliuk S., Heeren N. *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*. Nairobi, Kenya: UNESCO, 2020. 179 p.
9. Pupyrev E.I. *Life Support Systems of Cities*. Moscow: Nauka, 2006. 246 p. (In Russ.).
10. Lundström S., De Haan J., Sturm J.-E. Market-Oriented Institutions and Policies and Economic Growth: A Critical Survey. *Journal of Economic Surveys*. 2006;20(2):157-191. <https://doi.org/10.1111/j.0950-0804.2006.00278.x>.
11. Kutsenko V.V., Gurova T.F. *Environmental Safety: Methodological Approaches and Methods of Implementation*. Moscow: MNEPU. 2003. 158 p. (In Russ.). EDN: QJITLB.
12. Telichenko V.I., Benuzh A.A., Glotova E.P. Environmental Safety of Construction In Russia: Reality and Prospects. In: *Fundamental, exploratory and applied research of RAASN on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2021*. Moscow: ASV Publishing House, 2022. P. 441–449. (In Russ.). EDN: CBIYVG.
13. Tskhovrebov E.S. A New Approach to Assessing the Parameters of Sustainable Development in the Format of the Magnitude of the Prevented Environmental Hazard. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2023;3:50-68. (In Russ.). EDN: EHNHBO.
14. Grafkina M.V., Potapov A.D. Assessment of Environmental Safety of Building Systems as Natural-Technogenic Complexes (Theoretical Foundations). *Monthly Journal on Construction and Architecture*. 2008;1:23-28. (In Russ.). EDN: MVHAJP.
15. Azarov V.N., Manzhilevskaya S.E., Petrenko L.K. Organizational and Economic Problems of Ecological Safety in Construction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019;698:1-8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/5/055007>.
16. Vladimirov S.N. Problems of Recycling Construction Industry Waste. *System Technologies*. 2016;19:101-105. (In Russ.). EDN: WCNXNV.
17. Petropavlovskaya V.B., Artamonova S.V., Shchipanskaya E.O., Ratkevich E.A., Petropavlovskii K.S. Environmental Management in Ash and Slag Waste Management in Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;1010:1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012135>.
18. Sereda T.G., Kostarev S.N., Novikova O.V., Ivanova I.E. Study of Solid Municipal Waste Accumulation Rates in Penitentiary Facilities in Perm Krai During the Pandemic of 2020. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;1043:1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012005>.
19. Volynkina E.P. Analysis of the State and Problems of Processing Industrial Waste in Russia. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*. 2017;2:43-49. (In Russ.). EDN: YTOUCP.

20. Elgizawy S., El-Haggar S., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. *Procedia Engineering*. 2016;145:1306-1313. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.168>.
21. Ehresman T.G., Okereke C. Environmental Justice and Conceptions of the Green Economy. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*. 2015;15:13-27. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9265-2>.
22. Chernykhivska A.V. Modern Perspectives of Development of "Green" Economy. *Economic Processes Management: International Scientific E-Journal*. 2015;1:1-8.
23. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons From the EU and the Member States. *Ecological Economics*. 2019;155:7-19. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.001>.
24. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the Circular Economy: an Analysis of 114 Definitions. *Resources, Conservation & Recycling*. 2017;127:221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
25. Hart J., Adams K., Giesekam J., Densley Tingley D., Pomponi F. Barriers and Drivers in a Circular Economy: The Case of the Built Environment. *Procedia CIRP*. 2019;80:619-624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>.
26. Tskhovrebov E.S. Formation of Regional Management Strategies of Secondary Resource Handling. *Monthly Journal on Construction and Architecture*. 2019;14(4):450-463. (In Russ.). <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.4.450-463>. EDN: EPNQHR.
27. Tskhovrebov E.S. Ecological and Economic Aspects of Planning Of Placing and Designing Of Industrial Targets on Processing, Recyclings, To Neutralisation of A Waste. *Monthly Journal on Construction and Architecture*. 2018;13(11):1326-1340. (In Russ.). <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.11.1326-1340>. EDN: YQNVNJ.
28. Kalaeva S., Tshovrebov E., Gennadieva A., Kalaev R. New Approaches to Oily Waste Treatment to Minimise Technology-Related Threats and Risks. *Reliability: Theory & Applications*. 2024;19(6):886-892.
29. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning Measures for Environmentally Safe Handling with Extremely and Highly Hazardous Wastes in Industrial, Building and Transport Complex. *Materials Science Forum*. 2019;945:988-994. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945.988>.
30. Tshovrebov E., Moshkov V., Oltyan I., Niyazgulov F. A New Approach to Assessing the Accuracy of Forecasting of Emergencies with Environmental Consequences Based on the Theory of Fuzzy Logic. *Nature Environment and Pollution Technology*. 2024;23(4):2477-2481. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2024.v23i04.054>.

Информация об авторах

Влад Игорь Викторович,

научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России
(федеральный центр науки и высоких
технологий),
121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7, Россия,
✉e-mail: viv23121963@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-2818-1171>
Author ID: 1149402

Цховребов Эдуард Станиславович,

к.э.н., доцент, старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России
(федеральный центр науки и высоких
технологий)
121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7, Россия,
e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>
Author ID: 470064

Information about the authors

Igor V. Vlad,

Research Associate,
All-Russian Scientific Research Institute on Civil
Defense and Emergency Situations of the Russian
Ministry of Emergency Situations (Federal Center
for Science and High Technologies),
7, Davydkovskaya St., Moscow 121352,
Russia,
✉e-mail: viv23121963@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-2818-1171>
Author ID: 1149402

Eduard S. Tshovrebov,

Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor,
Research Associate,
All-Russian Scientific Research Institute on Civil
Defense and Emergency Situations of the Russian
Ministry of Emergency Situations (Federal Center
for Science and High Technologies),
7, Davydkovskaya St., Moscow 121352, Russia,
e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>
Author ID: 470064

Лебедев Антон Евгеньевич,

д.т.н., профессор кафедры технологические
машины и оборудование,
Ярославский государственный технический
университет,
150023, г. Ярославль, Московский пр-т, 88,
Россия,
e-mail: lebedevae@ystul.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8193-8655>
Author ID: 365728

Anton E. Lebedev,

Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department
of Technological Machines and Equipment,
Yaroslavl State Technical University,
88, Moskovsky Ave., Yaroslavl 150023,
Russia,
e-mail: lebedevae@ystul.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8193-8655>
Author ID: 365728

Филиппова Ольга Павловна,

д.т.н., профессор кафедры охрана труда
и природы,
Ярославский государственный технический
университета;
150023, г. Ярославль, Московский пр-т, 88,
Россия,
e-mail: filippovaop@ystu.ru
<https://orcid.org/0009-0009-5561-6316>
Author ID: 1087987

Olga P. Filippova,

Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department
of Labor and Nature Protection,
Yaroslavl State Technical University,
88, Moskovsky Ave., Yaroslavl 150023,
Russia,
e-mail: filippovaop@ystu.ru
<https://orcid.org/0009-0009-5561-6316>
Author ID: 1087987

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved
by all the co-authors.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 14.04.2025.
Одобрена после рецензирования 07.05.2025.
Принята к публикации 12.05.2025.

Information about the article

The article was submitted 14.04.2025.
Approved after reviewing 07.05.2025.
Accepted for publication 12.05.2025.