



Анализ нарушений экологических требований на автомобильных дорогах, приводящих к угрозам возникновения чрезвычайных ситуаций



Владимир МОШКОВ



Эдуард ЦХОВРЕБОВ



Сахиба КАЛАЕВА



Людмила КОРОЛЕВА

Владимир Борисович Мошков¹, Эдуард Станиславович Цховребов², Сахиба Зияддин кзы Калаева³, Людмила Анатольевна Королева⁴

^{1,2} *Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, Москва, Россия.*

³ *Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия.*

⁴ *Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.*

⁴ *ORCID 0000-0001-5661-5774; Web of Science Researcher ID: HJZ-4255-2023; Scopus Author ID: 57395471000.*

✉ ² *rebrovstanislav@rambler.ru*

АННОТАЦИЯ

Актуальность проблем экологической безопасности в процессе реконструкции, ремонта, содержания автомобильных дорог общего пользования предопределена наличием большого количества транспортных аварий, а также опасных событий с крайне негативными экологическими и социально-экономическими последствиями для безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности населения.

Цель исследования – определить параметры экологически безопасного проведения работ при реконструкции, ремонте, эксплуатации автомобильных дорог. Основными задачами работы были определены: комплексное обследование объектов проведения работ на автомобильных дорогах общего пользования; оценка соблюдения требований экологической безопасности при проведении различных видов работ; анализ нарушений требований экологического законодательства, причин, условий их возникновения, потенциал

ных угроз возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера в результате нарушения экологических требований; проработка комплекса мероприятий по обеспечению требований экологической безопасности, предупреждению чрезвычайных ситуаций и их опасных последствий для окружающей среды и безопасной жизнедеятельности населения.

Результатом проведенного исследования стал обобщенный в результате анализа экологической ситуации перечень мероприятий по обеспечению требований экологической безопасности при ремонте, реконструкции, содержании автомобильных дорог.

Результаты работы были представлены 29.08.2023 в г. Вологде на научной секции теоретической части ежегодных учений Росавтодора по обеспечению транспортной безопасности, предупреждению чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: экологическая безопасность, транспортные аварии, автомобильные дороги, ремонт, содержание, чрезвычайные ситуации.

Для цитирования: Мошков В. Б., Цховребов Э. С., Калаева С. З. К., Королева Л. А. Анализ нарушений экологических требований на автомобильных дорогах, приводящих к угрозам возникновения чрезвычайных ситуаций // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 1 (110). С. 86–92. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-1-11>.

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска. English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение экологической безопасности транспортного комплекса и дорожно-транспортной инфраструктуры имеет первостепенное значение для обеспечения устойчивого социально-экономического развития нашей страны.

Общегосударственная значимость этих вопросов отражены в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, Стратегии экологической безопасности России на период до 2025 года.

Автомобильный транспорт и автодорожная инфраструктура служат массовым источником негативного воздействия на окружающую среду. Наиболее пристального внимания заслуживают проблемы загрязнения природной среды производственными и коммунальными отходами, неочищенными сточными водами, выбросы в атмосферный воздух различных аэрозолей твердых частиц, газообразных соединений.

В целях комплексного исследования состояния деятельности в области мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера с неблагоприятными экологическими последствиями, соблюдения требований экологической безопасности при ремонте и эксплуатации автомобильных дорог общего пользования летом 2023 года проведены выездные межведомственные мероприятия по обследованию состояния экологической безопасности объектов реконструкции, эксплуатации и ремонта, баз дорожной техники и складирования материалов, предотвращению аварийных и чрезвычайных ситуаций экологического характера, их неблагоприятных последствий для жизнедеятельности населения, объектов экономики, состояния окружающей среды.

По результатам натурного исследования состояния экологической безопасности на автомобильных дорогах общего пользования остро встал вопрос об актуальности разработки комплекса мер по предупреждению возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера, вызванных экологическими угрозами из-за нарушений природоохранных и санитарных требований, норм, правил при реконструкции, ремонте и содержании объектов дорожно-транспортной инфраструктуры, что явилось *целью* данного исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для проведения исследования явились опубликованные труды ученых, специалистов, исследователей в области экологической безопасности на транспорте [1–5], транспортной безопасности, предупреждения транспортных аварий, связанных с ними чрезвычайных ситуаций техногенного характера, анализа экологических правонарушений при реконструкции, ремонте, эксплуатации автомобильных дорог [6–10], результаты собственных исследований в области обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды на транспорте, ресурсосбережения, безопасного обращения с отходами и вторичными ресурсами на транспортных и иных предприятиях [11–15].

Концепция настоящего исследования базируется на приоритетных направлениях государственной политики в области обращения с отходами, а также мониторинга, прогнозирования, предупреждения и своевременной ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, общепринятых в мировом сообществе принципах Zero waste («ноль отходов»), Circular Economy (экономика замкнутого цикла) [16–20].

Методика исследования включает в себя системный анализ, статистическую обработку полученных в результате систематизации и обобщения данных экологического состояния транспортных объектов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследования обобщены и систематизированы материалы комплексных обследований территорий реконструкции, ремонта, эксплуатации автомобильных дорог, полученные в ходе обследования по специально разработанной форме (табл. 1).

После систематизации и обобщения материалов обследования дорожно-транспортной инфраструктуры авторами осуществлен анализ нарушений требований экологического законодательства при проведении работ на автомобильных дорогах, приводящих к опасным авариям, техногенным чрезвычайным ситуациям (на основе сбора и систематизации данных по ремонту и эксплуатации дорожно-транспортной инфраструктуры и содержанию вспомогательных объектов).

В ходе проведения мероприятия выявлен ряд природоохранных нарушений, в первую очередь, характерных для эксплуатации баз





Форма обследования объектов на соответствие требованиям санитарного и экологического законодательства (фрагмент)

Содержание требования
1. Обращение с опасными отходами
Накопление отходов допускается только в местах (на площадках) накопления отходов, соответствующих требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, законодательства Российской Федерации.
Специальные площадки временного складирования, накопления материалов, сырья, полуфабрикатов, отходов обвалованы, оборудованы противofильтрационными экранами, защитной гидроизоляция, имеют ограждение по периметру площадки, размещены вне пределов водосборных площадей поверхностных и подземных водных объектов, земельных участков, покрытых почвенным растительным слоем.
Не допускается хранение сыпучих и летучих материалов, веществ, отходов в открытом виде (навалом) в помещениях, на стройплощадках без применения средств пылеподавления
Загрузка и выгрузка жидкого сырья и материалов осуществляются по закрытым коммуникациям с использованием самотека, насосов. Хранение, перемещение сыпучих материалов, отходов осуществляется в надежно закрытых влагонепроницаемых, химически стойких мешках. Процесс наполнения емкостей, сборников, мерных сосудов токсичными жидкостями снабжен системами сигнализации о максимально допустимом уровне их заполнения, контроля их содержания с помощью уровнемеров.
Очистка, мойка загрязненных емкостей, колес автотранспорта производится на специально оборудованных системой сбора загрязненных сточных вод с их последующей очисткой, ливневой канализацией на площадках.
Запрещаются: сброс отходов производства и потребления, в том числе радиоактивных отходов, в поверхностные и подземные водные объекты, на водосборные площади, в недра и на почву
Организация транспортирования отходов осуществляется при следующих условиях: наличие паспорта отходов I–IV класса опасности; наличие документации для транспортирования и передачи отходов, оформленной в соответствии с правилами перевозки грузов с указанием количества транспортируемых отходов, цели и места назначения их транспортирования; соблюдение требований безопасности к транспортированию отходов транспортными средствами; наличие на ТС, контейнерах, цистернах, используемых при транспортировании отходов, специальных отличительных знаков, обозначающих определенный класс опасности отходов.
2. Охрана водных ресурсов
В границах водоохранных зон запрещаются: – размещение объектов размещения отходов производства и потребления, химических, токсичных, ядовитых веществ; – движение и стоянка транспортных средств, за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие; – строительство и реконструкция автозаправочных станций, складов горюче-смазочных материалов, станций технического обслуживания, используемых для технического осмотра и ремонта транспортных средств, осуществление мойки транспортных средств; – сброс сточных, в том числе дренажных, вод.
Сброс в водные объекты и захоронение в них отходов производства и потребления запрещаются.
В границах зон затопления, подтопления запрещаются: 1) строительство объектов капитального строительства, не обеспеченных сооружениями и (или) методами инженерной защиты территорий и объектов от негативного воздействия вод; 3) размещение объектов размещения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных веществ.
3. Охрана земельных ресурсов
Собственники земельных участков и лица, не являющиеся собственниками земельных участков, обязаны: осуществлять мероприятия по охране земель, лесов, водных объектов и других природных ресурсов, меры пожарной безопасности; не допускать загрязнение, истощение, деградацию, порчу, уничтожение земель и почв, иное негативное воздействие на земли и почвы.

дорожной техники, складирования материалов и конструкций, мини-городков для ремонтно-эксплуатационного персонала. Большая часть подобного рода объектов эксплуатируется подрядчиками, реализующими различные виды ремонта и содержания дорожно-транспортной инфраструктуры.

Большинство из этих нарушений (отдельно или в комплексе) в случае неблагоприятных погодных условий или иных нарушений правил эксплуатации и ремонта могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций техногенного характера в формате подпадания под критерии отнесения событий



к чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера, утвержденных Приказом МЧС России от 05.07.2021 № 429 «Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера».

Одними из наиболее часто встречающихся нарушений экологических и санитарных требований на объектах реконструкции, ремонта, содержания автомобильных дорог являются:

- локальное захламление территории строительными, производственными и коммунальными отходами;
- загрязнение земель на территории объекта нефтепродуктами;
- ремонт техники на открытых площадках с проливами нефтепродуктов;
- хранение емкостей с отработанными маслами без поддона в открытом состоянии на грунтовых покрытиях или на почвенном покрове;
- складирование на открытой площадке без обваловки и навеса загрязненного нефтепродуктами, иными химическими соединениями металлолома, полимерных изделий, узлов и деталей, а также снятого загрязненного асфальтобетонного покрытия в виде кусковых остатков, крошки, пыли.

Перечисленные отходы отнесены к 3–4 классу опасности, то есть представляют опасность для окружающей среды в случае попадания с поверхностными (ливневыми, тальми)

сточными водами по уклонам территории и через систему водоотводных канав, либо под воздействием ветра на водосборные площади водных объектов и на почвенный покров.

Не проведены технические мероприятия по обваловке территории, организации сбора, очистке поверхностных сточных вод, исключая загрязнение природной среды (почвенного покрова, водных объектов) взвешенными веществами, солями металлов, органическими соединениями, нефтепродуктами, поверхностно-активными веществами.

В этих случаях возникает потенциальная угроза превышения предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ 3–4 класса опасности, попадающих со стоками в водные объекты и на почву – более чем в 50 раз.

Экологическая опасность также может проявиться в случае частичного подтопления территорий объектов при сильном дожде или в период весеннего половодья в результате активного снеготаяния. В случае установления превышения ПДК неблагоприятная ситуация, в соответствии с критериями отнесенных событий к ЧС, характеризуется в качестве аварийной с выбросом и сбросом загрязняющих веществ в окружающую среду на объектах дорожно-транспортной инфраструктуры.

К другим выявленным нарушениям, несущим потенциальную экологическую опасность, отнесены:

- загрязненность твердым осадком и нефтепродуктами (пленкой) пункта мойки авто-



мобильного транспорта, нерегулярная откачка промывочных вод;

- отсутствие пунктов мойки колес со сбором стока и его вывозом по договору или очисткой при ремонтных работах на автодорогах;

- загрязненность придорожных водоотводных канав;

- нарушение правил отдельного сбора и временного накопления отработанных моторных масел, аккумуляторов, лома металлов, спиленной и выкорчеванной древесно-кустарниковой растительности, пней, стволов деревьев, замасленного песка;

- нерегулярный вывоз отходов, способствующий переполнению контейнеров и загрязнению территорий объектов;

- необеспеченный отвод вод (застой воды, образование локальных зон накопления вод) в ходе и по окончании проведения ремонтных работ вдоль полосы отвода,

- отсутствие данных об исследованиях неочищенных поверхностных сточных вод, поступающих на водосборные площади и на почву;

- складирование снятого растительного почвенного покрова без принятия технических мер по защите от распыления и вымывания.

В ряде случаев на границе санитарно-защитной зоны размещения производственных баз ремонта и эксплуатации автодорожной техники, временных городков проживания ремонтных рабочих травостой превышает 25 см. При условии жаркой погоды, неосторожного обращения с огнем и с учетом наличия разбросанных горючих древесных, полимерных, картонно-бумажных отходов, недостаточной изоляции складов горючих материалов, несоблюдения противопожарных правил теоретически возможно локальное возгорание объектов с переходом неблагоприятной пожароопасной ситуации в чрезвычайную техногенную.

Должным образом не проводится разъяснительная работа по вопросам предупреждения чрезвычайных ситуаций и их опасных последствий для жизнедеятельности и окружающей среды с работающими. По результатам социологических обследований и анализа нормативно-технической документации выявлено, что план природоохранных мероприятий не разрабатывался и не доводился до сотрудников, не имеется достаточного представления ни о ведомственном экологическом

контроле, мониторинге природных и техногенных ЧС, ни о производственном контроле в области обращения с отходами, не закреплены сотрудники, отвечающие за экологически безопасный отдельный сбор и изолированное хранение опасных отходов производства и потребления.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, выявлены предпосылки и причины зарождения экологической опасности на объектах реконструкции, ремонта, содержания автомобильных дорог общего пользования, принятие должных мер по предупреждению, снижению которой может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

В целях обеспечения экологической безопасности этих техногенных территорий предлагается комплекс организационно-технических мероприятий.

1. Разработка комплексного плана природоохранных мероприятий с разделом предупреждения ЧС при обращении с отходами, а также в процессе эксплуатации объектов, связанных с негативным воздействием на окружающую среду с указанием сроков исполнения и ответственных.

2. Проработка вопроса об отводе загрязненного поверхностного стока с последующей очисткой либо аккумулированием в отстойниках с последующим вывозом на специальные предприятия по переработке, имеющие лицензию на утилизацию этих видов отходов.

3. Организация системы производственного экологического контроля, мониторинга, включая производственный контроль и мониторинг обращения с опасными отходами производства и потребления.

4. Периодическое проведение независимых экологических обследований объектов дорожно-транспортной инфраструктуры с учетом потенциальных экологических угроз и транспортных аварий (лето – жаркая погода, лето-весна – сильные дожди, снеготаяние – весна, скользкость – зимний период).

5. Подготовка соответствующих рекомендаций об установлении в проектах производства работ конкретных санитарных и экологических мероприятий, которые подлежат контролю на этапах строительства, реконструкции, ремонта и по их окончании, на этапе ввода в эксплуатацию объектов.



Предупреждение аварий и техногенных ЧС с экологическими последствиями, вызванных нарушением правил перевозок опасных грузов, включая опасные отходы (по видам грузов)	<ul style="list-style-type: none"> Участники мероприятия: Росприроднадзор, МЧС России, Ространснадзор, ВНИИ ГОЧС (ФЦ), ГИБДД, хозяйствующие субъекты
Предупреждение техногенных ЧС, вызванных комплексным воздействием природных и техногенных факторов	<ul style="list-style-type: none"> Участники мероприятия: Росавтодор, МЧС России, Росприроднадзор, Роспотребнадзор, ВНИИ ГОЧС (ФЦ), хозяйствующие субъекты (предприятия)
Оперативное реагирование, смягчение и минимизация экологических последствий моделируемой аварии, связанной с разливом, сбросом нефтепродуктов, опасных отходов	<ul style="list-style-type: none"> Участники мероприятия: Росавтодор, Росприроднадзор, Роспотребнадзор, МЧС России, ВНИИ ГОЧС (ФЦ), хозяйствующие субъекты (предприятия и организации)

Рис. 1. Предлагаемые моделируемые ситуации при отработке мер по предупреждению ЧС на автомобильных дорогах [выполнено авторами].

6. Проработка вопроса о консолидации, унификации системы экологических требований в рамках действующего природоохранного законодательства в отдельный раздел документов по стандартизации, методических документов, регламентирующих процессы реконструкции, капитального и текущего ремонта, содержания объектов дорожно-транспортной инфраструктуры.

7. Привлечение научно-исследовательских учреждений к решению проблем обеспечения экологической безопасности, предупреждению техногенных ЧС.

В качестве предложения по развитию межотраслевого, межведомственного взаимодействия в области предупреждения аварий и ЧС с опасными экологическими последствиями на автомобильных дорогах считается целесообразным организация и проведение межведомственных учений по вопросам обеспечения экологической безопасности, предупреждения техногенных ЧС с экологическими последствиями на автомобильных дорогах.

В составе основных задач таких учений определены наиболее характерные, которые приводят или могут приводить к возникновению аварий, ЧС техногенного характера с опасными социально-экономическими, экологическими и иными последствиями (рис. 1).

Отрабатываемая первая задача – предупреждение аварий и техногенных ЧС с экологическими последствиями, вызванных нарушением правил перевозок опасных грузов, включая опасные отходы производства и потребления, включает в себя подзадачи по видам транспортируемых грузов:

- а) нефтепродукты;
- б) химические опасные жидкие вещества;
- в) химически опасные газообразные соединения;
- г) жидкие токсичные отходы;
- д) твердые коммунальные отходы;
- е) строительные отходы;
- ж) сыпучие минеральные отходы;
- з) отходы электронного и электротехнического оборудования;
- и) отходы аккумуляторов.

Реализация второй задачи охватывает предупреждение техногенных ЧС, вызванных комплексным воздействием природных (опасные гидрологические и метеорологические явления и процессы: паводки, затопления, подтопления, сильный ветер и пр.) и техногенных факторов (нарушение экологических и санитарных требований ремонта, содержания, эксплуатации: загрязненность территорий производственно-ремонтных баз химическими веществами, нефтепродуктами, отходами).





Выполнение этих задач, по мнению авторов, с одной стороны, будет способствовать повышению уровня защищенности природной среды и жизнедеятельности населения от угроз экологической опасности, с другой, будет способствовать укреплению межведомственного, межотраслевого, межсубъектного взаимодействия по решению этих актуальных вопросов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенов И. А., Аксенов В. И. Транспорт и охрана окружающей среды. – М.: Транспорт, 1986. – 176 с. EDN: SWQCUB.
2. Петросян Т. О., Сидоренко В. Ф. Экологическая безопасность автомобильных дорог // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного ун-та. – 2012. – № 28 (47). – С. 332–336. EDN: NQYRYS.
3. Синякова М. Г., Крылов А. В. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций на автодорогах субъекта РФ: опыт и проблемы // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2019. – № 10 (67). – С. 42–44. EDN: LBJUNG.
4. Дурнев Р. А., Твердохлебов Н. В. Предупреждение транспортных коллапсов на автомобильных дорогах зимой и ликвидация их последствий – дело общее // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2013. – № 2. – С. 56–58. EDN: SCNRXL.
5. Лукашевич О. Д., Лукашевич В. Н. Пути повышения экологической безопасности при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Т. 22. – № 5. – С. 200–210. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-5-200-210.
6. Подгорнова Н. А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения // Молодой ученый. – 2016. – № 22.2 (126.2). – С. 48–50. EDN: WZVUYR.
7. Chomaeva, M. N. Motor transport and its impact on the ecological situation in urban areas. International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2020, Vol. 3–1 (42), pp. 6–10. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10193.
8. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика: Российско-Германский опыт / под ред. В. Н. Луканина, К.-Х. Ленца. – М.: Логос, 2002. – 607 с. ISBN 5-94010-190-9.
9. Мирзоева Ф. М., Шекхичаева З. З. Проблемы экологической обстановки на автомобильном транспорте в Российской Федерации // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–12. – С. 2665–2668. EDN: FBXPEA.
10. Сердюкова А. Ф., Барабанщиков Д. А. Влияние автотранспорта на окружающую среду // Молодой уче-

ный. – 2018. – № 25. – С. 31–33. [Электронный ресурс]: <https://moluch.ru/archive/211/51591/>. Доступ 22.01.2024.

11. 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, pp. 988–994. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.988.

12. Цховребов Э. С., Ниязгулов У. Д. Регулирование деятельности по обращению с отходами и вторичными ресурсами // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17. – № 1 (80). – С. 192–201. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-1-192-201.

13. Кожуховский И. С., Величко Е. Г., Цельковский Ю. К., Цховребов Э. С. Организационно-экономические и правовые аспекты создания и развития производственно-технических комплексов по переработке золошлаковых отходов в строительную и иную продукцию // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – Вып. 6. – С. 756–773. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.6.756-773 /.

14. Цховребов Э. С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – № 11 (122). – С. 1326–1340. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.11.1326-1340.

15. Цховребов Э. С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – № 4 (127). – С. 450–463. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.4.450-463.

16. Elgizawy, S., El-Haggag, S., Nassar, K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. Procedia Engineering, 2016, Vol. 145, pp. 1306–1313. DOI: 10.116/j.proeng.2016.04.168.

17. 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, pp. 7–19. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.11.001.

18. Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation & Recycling, 2017, Iss. 127, 9. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.

19. Hart, J., Adams, K., Giesekam, J., Tingley D. D. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. Procedia CIRP, 2019, Iss. 80, pp. 619–624. DOI: 10.1016/j.procir.2018.12.015.

20. Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Kenya, 2020. [Электронный ресурс]: <https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon>. Доступ 22.01.2024.

Информация об авторах:

Мошков Владимир Борисович – кандидат экономических наук, доцент, заместитель начальника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия, vniigochs@vniigochs.ru.

Цховребов Эдуард Станиславович – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия, rebrovstanislav@rambler.ru.

Калаева Сахиба Зияддин кзы – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой охраны труда и природы Ярославского государственного технического университета, Ярославль, Россия, kalaevasz@mail.ru.

Королева Людмила Анатольевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева; ведущий научный сотрудник лаборатории экологии транспортных систем Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, Санкт-Петербург, Россия, lyudamil@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 09.11.2023, одобрена после рецензирования 17.01.2024, принята к публикации 22.01.2024.