

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ
УДК 502:656.08
DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-1-13>

Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 1 (104). С. 110–116

Новые подходы к повышению защищённости городской среды от транспортных аварий на основе использования безопасных материалов



Эдуард ЦХОВРЕБОВ

Эдуард Станиславович Цховребов

Центр ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, Москва, Россия.

✉ rebrovstanislav@rambler.ru.

АННОТАЦИЯ

Актуальность проблем безопасности применяемого в городском хозяйстве широкого спектра противогололёдных материалов и химических антигололёдных реагентов предопределена рядом аспектов и факторов, связанных с негативным воздействием антигололёдной продукции на природную среду, имущество и здоровье граждан, её недостаточной эффективностью в плане обеспечения транспортной безопасности, предупреждением причин, условий возникновения транспортных аварий, ростом травматизма населения в зимний период.

Целью исследования послужило изучение возможности применения практически неопасных для окружающей среды золошлаковых смесей совместно с органическими добавками из растительных отходов в качестве комплексных антигололёдных материалов. Основными задачами работы определены: сравнительный анализ эффективности и безопасности используемых противогололёдных материалов, обоснование возможности замены на золошлаковое вторичное

сырьё, оценка сложившейся ситуации с обращением золошлаковых отходов, технической возможностью, экологической допустимостью, экономической целесообразностью их повторного применения в обозначенном качестве на объектах дорожно-транспортной инфраструктуры.

Достижимыми результатами проведённого исследования служат: снижение техносферной нагрузки на природную среду, предупреждение всех видов негативного воздействия на здоровье граждан, их личное имущество, замена ценного природного сырья – вторичным, предупреждение возникновения транспортных аварий и связанных с ними чрезвычайных ситуаций техногенного характера. По итогам исследования планируется провести натурные исследования и, в случае получения положительных результатов, определяющих безопасность и результативность использования нового противогололёдного материала, оформить патент на изобретение с дальнейшим внедрением инновационного предложения в различных регионах Российской Федерации.

Ключевые слова: экологическая безопасность, транспортные аварии, противогололёдный материал, химический реагент, золошлаковые отходы и сырьё, городское хозяйство, ресурсосбережение, чрезвычайные ситуации.

Для цитирования: Цховребов Э. С. Новые подходы к повышению защищённости городской среды от транспортных аварий на основе использования безопасных материалов // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 1 (104). С. 110–116. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-1-13>.

**Полный текст статьи на английском языке, публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

ВВЕДЕНИЕ

На значительной части территории Российской Федерации наиболее сложным в работе эксплуатационных организаций дорожно-транспортной инфраструктуры является зимний период. Уровень безопасного для участников дорожного движения состояния покрытия элементов улично-дорожной сети (УДС): тротуаров, проезжей части автодорог, подземных и наземных переходов, пешеходных зон в этот период определяются спектром дорожных, погодно-климатических, санитарно-гигиенических, экологических, транспортных и технологических факторов.

Одной из важнейших задач обеспечения транспортной безопасности, предупреждения транспортных аварий и травматизма населения служит построение четко организованной и эффективно управляемой системы мероприятий по мониторингу, прогнозированию, предупреждению, а также своевременной ликвидации зимней скользкости на УДС, включающей в себя: механическую уборку снеговых масс, применение твердых минеральных противогололедных материалов и жидких химических антигололедных реагентов в качестве химического метода разрушения льда и снега [1–3].

Многолетний отечественный и зарубежный опыт свидетельствуют о том, что химические антигололедные реагенты служат достаточно эффективным средством борьбы с зимней скользкостью, но их применение влечёт за собой необходимость соблюдения рациональных технологических норм расхода, безопасных концентраций, техники безопасности и охраны труда, контроля и мониторинга уровня загрязнения окружающей среды. При работе с подобными химически опасными веществами гигиеническими требованиями регламентировано наличие специальной одежды и средств индивидуальной защиты глаз, кожи, органов дыхания [2–4].

Немаловажным ограничивающим фактором служит негативное механическое, химическое воздействие таких материалов на природные объекты и компоненты природной среды: запыление и выделение в разной степени токсичных соединений в атмосферный воздух, смыв и дальнейшее попадание в поверхностные, подземные водоисточники, на почву, воздействие на растительность, животный мир. По различным экспертным оценкам, содержание хлоридов в придорожных снего-

вых массах превышает ПДК более чем в 25 раз. Содержание хлористого натрия в водной среде в интервале 100–200 мг/л приводит к гибели некоторых видов растений, 200–500 мг/л – насекомых, пресмыкающихся, более 1 г/л – водных биологических ресурсов. Засоление воды и почвы является стрессовым фактором среды обитания флоры. Даже очень низкие концентрации солей (10–20 мг/л) оказывают негативное влияние на корневую систему. В зависимости от выносливости видов флоры засоление нарушает метаболизм растений, влияет на рост, размножение и расселение соответствующих видов. Негативные факторы образуют угрозы состоянию экологической безопасности населённых территорий, что, в свою очередь, диктует необходимость выделения дополнительных финансовых затрат на мониторинг, предупреждение, ликвидацию опасного воздействия противогололедных материалов [5; 6].

Учитывая сложившуюся ситуацию, в работе исследованы экологическая допустимость, экономическая целесообразность, техническая возможность замены применяемых противогололедных материалов на продукты переработки золошлаковых смесей, образующихся при сжигании твердого угольного топлива на теплоэлектростанциях (ТЭС), ТЭЦ, в котельных.

Предлагаемую идею использования золошлаковых отходов (ЗШО) для целей обеспечения безопасности дорожно-транспортной инфраструктуры, предупреждения транспортных аварий позволяет реализовать значительный объём накопившихся ЗШО в хранилищах энергетических предприятий. По состоянию на 2017 год количество накопленных ЗШО в нашей стране достигало 1,5 млрд тонн, занимаемая площади порядка 28000 га в виде открытых золошлакоотвалов, существенным образом загрязняющих водные и земельные ресурсы, атмосферный воздух, окружающую растительность. При этом их ежегодный выход оценивается экспертами в пределах 22–23 млн т, что даёт основание сделать вывод об актуальности повторного использования этих отходов в целях предупреждения негативного воздействия на окружающую среду. Означенная проблема продолжает оставаться одной из злободневных в топливно-энергетическом комплексе. Сложившаяся ситуация практически не улучшается: повторное применение ЗШО составляет около





Рис. 1. Планируемый результат от внедрения инновации [выполнено автором].

2,5 млн тонн в год (не более 10 % от годового количества их образования) [7–10; 13–15].

Анализ мировой практики переработки ЗШО свидетельствует о наличии разработок, связанных с применением золошлакового сырья в строительной индустрии, дорожном хозяйстве [11–14], однако сведений об использовании такого сырья в рассматриваемом формате не выявлено.

В пользу экономической целесообразности предлагаемой идеи выступает не только низкая стоимость золошлакового сырья в качестве товара. Замена традиционного сырья на основе невозобновляемого запаса полезных ископаемых вторичным сырьем из ЗШО способствует реализации стратегической цели устойчивого развития России на основе принципов ресурсосбережения и рационального использования природных ресурсов.

Таким образом, актуальность, новизна и практическая значимость проводимого исследования предопределена его идеей и замыслом по реализации ряда важнейших научно-практических задач. Планируемый результат от внедрения инновационного материала представлен на разработанной автором схеме (рис. 1).

Материалы и методы исследования

Материалами для проведения исследования послужили опубликованные труды учёных, специалистов, исследователей в области транспортной безопасности, предупреждения транспортных аварий, связанных с ними чрезвычайных ситуаций техногенного характера, практики применения твёрдых минеральных противогололёдных материалов и химических антигололёдных реагентов [1–4], в сфере обработки, повторного исполь-

зования ЗШО, органических веществ из растительного сырья и отходов [11–15], собственные результаты исследований в области обращения с отходами и вторичными ресурсами, в том числе, в ЖКХ и на транспорте, ресурсосбережения, экологической безопасности территорий [5–7].

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, общепринятыми в мировом сообществе принципами: «Zero waste» (ноль отходов), «Circular Economy» (экономика замкнутого цикла) [16–20].

Методика исследования включает в себя сбор, обобщение, систематизацию, сравнительный и сопоставительный анализ данных в предметной области исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследования обобщены материалы по использованию в настоящее время в различных регионах России антигололёдных материалов и жидких химических антигололёдных реагентов. Установлено, что в составе минеральных противогололёдных материалов, как правило, применяются: кварцевый песок, дроблёный гранитный щебень фракции 2–5 мм, мраморная крошка, обеспечивающие улучшение сцепления колёс транспортных средств и подошвы обуви с дорожным покрытием в зимний скользкий период.

При этом существенной проблемой для коммунальных служб является засорение такими материалами УДС, водосборных решеток, ливневой канализации, а для участников дорожного движения – попадание фракций реагентов высокой твёрдости под действием центробежной силы колёсных пар в стекла транспортных средств, внешние покрытия, открытые участки тел прохожих с нанесением ущерба, соответственно, имуществу и здоровью граждан. В ряде случаев в сыпучих противогололёдных материалах выявляется повышенное содержание радионуклидов, создающее серьёзную опасность для жителей в процессе вдыхания при распылении в атмосферном воздухе и для биоресурсов природной среды – в результате смыва с поверхностными стоками в водные объекты и на почву.

Спектр в разной степени токсичных для здоровья человека и опасных для природной среды химических антигололёдных реагентов чрезвычайно широк и включает в себя: хлористый натрий технический, песчано-гравийный материал ПГМ на базе хлористого кальция и/или натрия, карбамиды, жидкие хлориды, бишофит (хлорид магния); комбинированные препараты: «Антиснег», «Нордикс-П» (на основе аммония ацетата), НКММ (карбамид, нитраты магния и кальция); ХКМ (хлориды магния и кальция) и другие. Также в состав реагентов входят добавки – модификаторы (ингибиторы коррозии).

Компоненты антигололёдных реагентов (хлориды кальция, магния, натрия) относятся к умеренно опасным соединениям в плане воздействия на человека (раздражающее действие на зрительные органы, кожные покровы при прямом контакте), третьему и четвёртому классам опасности по отношению к природной среде.

Накопление реагентов в придорожной полосе происходит не в поверхностном слое почвы, а на глубине до 60 см, достигая грунтовых вод и корневой системы растений. При отрицательных температурах и отсутствии стока реагенты интенсивно впитываются снегом и далее перебрасываются уборочными машинами в стороны от проезжей части на расстояние до 50 м. Часть не вступивших в реакции солей остаются на покрытии и с брызгами от машин, снегом, пылью переносятся ветром на значительное расстояние.

Интенсивным источником негативного воздействия на окружающую среду в радиусе десятков-сотен метров являются места складирования песко-соляных смесей, в большинстве случаев представляющие открытые для воздействия погодноклиматических факторов площадки, с отсутствием обваловки, сбора и очистки загрязнённых поверхностных вод.

Реагенты на неорганической основе оказывают агрессивное воздействие на металлические конструкции дорожно-транспортных сооружений, покрытие транспортных средств, особенно в условиях активизации атмосферной коррозии. По результатам ряда исследований, наиболее высокой коррозионной активностью обладает комбинированный реагент с ингибиторами коррозии в составе соли технической (галита), раствора бишофита (хлорида магния). На скорость коррозии

влияют вид и материал корродируемой поверхности, концентрации окислителя, различных примесей в самом покрытии транспортных средств, дорожных конструкций и устройств, уровня температуры и влажности воздуха, интенсивности осадков. Отрицательное влияние реагентов на автотранспортные средства, в основном, приводит к отказу электроники, деструкции, помутнению, ржавлению покрытия, коррозии дисков, выхлопных труб, преждевременному износу тормозных колодок.

Содержащие соединения кальция, калия реагенты под воздействием низких температур и ветра образуют скользкую поверхность на проезжей части автодороги, увеличивая тормозной путь и создавая повышенную аварийность. Следы реагентов данной группы отчётливо наблюдаются на обуви, срок её службы уменьшается до одного-двух зимних сезонов.

Особенно уязвима для токсичного воздействия химических реагентов фауна. Наиболее опасным является поедание животными и птицами загрязнённого снега с токсичными реагентами: материалами и веществами. Представляет не меньшую опасность как длительное, так и кратковременное взаимодействие чувствительной кожи, особенно домашнего животного, с загрязнёнными снеговыми массами или льдом. Означенные воздействия вызывают заболевания кожной, пищеварительной систем животных, зрения и обоняния, могут привести к летальным исходам.

Нанесение ущерба здоровью и имуществу граждан в результате негативного воздействия токсичных высококоррозионных химических антигололёдных реагентов, вызывает массовое объективное недовольство, жалобы, приводит к судебным искам. Органы экологического и санитарно-эпидемиологического надзора регулярно привлекают к административной ответственности дорожные эксплуатирующие организации за нарушение правил обращения с опасными антигололёдными реагентами, создающими реальную угрозу здоровью людей и природе.

Изложенное выше даёт основание утверждать, что существует необходимость разработки новых безопасных противогололёдных материалов, не оказывающих негативного влияния на здоровье людей, природные объекты, но реализующих в достаточной степени



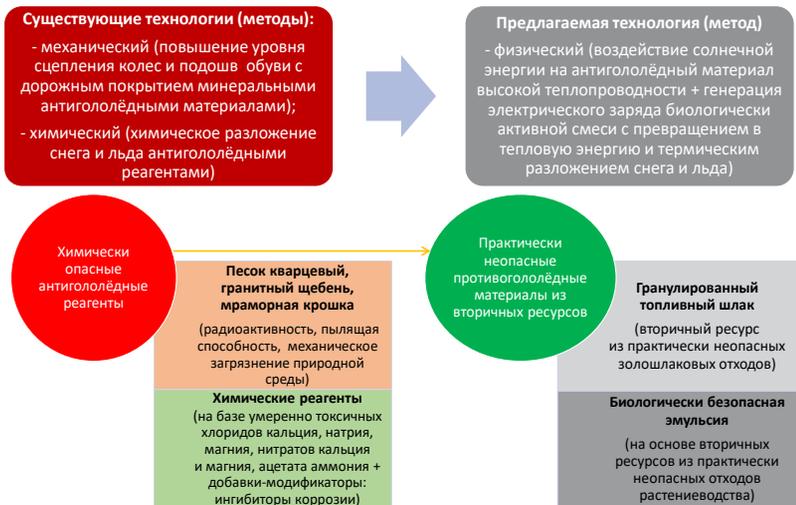


Рис. 2. Научно-практическая новизна предлагаемого метода (технологии) [выполнено автором].

эффективную защиту от скользкости на УДС и, в конечном счёте, повышающих уровень транспортной и экологической безопасности.

Научно-практическая новизна идеи: в целях замены экологически, санитарно-гигиенически опасных химических методов разрушения льда и снега разработан безопасный физический метод ликвидации скользкости УДС, основанный на использовании солнечной энергии, физических свойств и характеристик вторичных ресурсов из практически неопасных отходов – гранулированных топливных шлаков и биологических органических соединений отходов аграрно-промышленного комплекса.

Проведённое исследование показало, что используемые в настоящее время твёрдые противогололёдные материалы на основе природных ископаемых (песок, дробленая крошка различных скальных пород, каменные соли) по своим технико-эксплуатационным характеристикам и свойствам (истинная плотность, твёрдость, прочность на сжатие) схожи с материалами на основе вторичных ресурсов, получаемых из золошлаковых отходов. При этом соотношение по теплоёмкости, с учётом шкалы цветности, существенно в пользу вторичного сырья из ЗШО, что способствует более высокой интенсивности таяния льда в солнечную погоду. Более того, такое вторичное сырьё, полученное в процессе раздельного сбора, изолированного накопления, обработки ЗШО (измельчения, дробления, складирования определённым образом), в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов, является практически не

опасным для природной среды и её компонентов. Среди характеристик материала следует отметить следующие: плотность шлака сжигания каменного угля и антрацита – 1700–1990 кг/куб. м, россыпью – от 980 кг/куб. м; удельная поверхность – 4000–6700 см²/г, повышенную водопотребность. Покрытие дорожного полотна предлагаемым антигололёдным материалом с помощью специализированных транспортных средств осуществляется с технологической точки зрения аналогично распространению ныне применяемых минеральных материалов, поэтому изменения технологий хранения, покрытия, последующего сбора и повторного использования на улично-дорожной сети в данном случае не требуется. Его размеры рассчитаны таким образом, чтобы при максимальной для данного города величине силы ветра моделируемый вес частиц антигололёдного материала позволял предотвратить запыление окружающей среды.

Однако не все зимние и поздние осенние дни характеризуются солнечной погодой. Такая погода характерна для большинства регионов нашей страны. В этом случае теряется важное свойство нового антигололёдного материала – нагреваться под воздействием солнечных лучей и растапливать под воздействием температуры лёд и снеговые массы.

Для этого, при отрицательных температурах, дополнительным компонентом комплексного противогололёдного материала предлагается биодобавка, получаемая методом экстракции из специально обработанных растительных отходов на базе процессов

Ожидаемые эффекты от внедрения инновации [выполнено автором]

Виды эффектов	Описание эффекта
Экологический	Замена умеренно опасных компонентов противогололёдных реагентов на практически неопасные; ликвидация негативного воздействия химических антигололёдных реагентов на биоресурсы и компоненты природной среды: воздух, водные ресурсы, почвы, флору и фауну, а также механического воздействия – засорения водных объектов, почв, распыления в атмосфере твёрдых сыпучих противогололёдных материалов.
Санитарно-гигиенический изобретения:	Ликвидация негативного воздействия токсичных антигололёдных реагентов на здоровье людей. Применение неопасных для жизни и здоровья людей противогололёдных материалов из вторсырья.
Ресурсо-сберегающий	Использование практически неопасных остеклованных гранулированных шлаков от сжигания углей и отходов аграрно-промышленного комплекса в хозяйственном обороте в качестве ВМР. Возможность повторного применения отработанных противогололёдных материалов из топливных шлаков, в том числе в дорожном строительстве взамен традиционного природного сырья. Экономия невозобновляемых минеральных природных ресурсов: песка, скальных пород мрамора, гранита, технической воды для изготовления химических реагентов
Социальный	Снижение уровня травматизма населения от происшествий, связанных с зимней скользкостью, потоков жалоб граждан на ущерб здоровью и личному имуществу в результате негативного воздействия токсичных высококоррозионных химических антигололёдных реагентов, растущего недовольства населения по данной актуальной проблеме.
Экономический	Снижение на 20–30 % стоимости 1 т противогололёдных реагентов в зависимости от территориального расположения региона и золошлакоотвалов; снижение затрат эксплуатирующих УДС организаций и муниципальных бюджетов, связанных со штрафными санкциями, выставленными исками о возмещении ущерба компонентам природной среды в результате механического и химического загрязнения антигололёдными реагентами, имуществу граждан; уменьшение расходов, связанных с ремонтно-восстановительными работами загрязнённой ливневой канализации, приёмных решёток, заменой, покраской дорожно-транспортных объектов и устройств, подвергшихся коррозии.
Технико-технологический, сопряжённый с безопасностью	Увеличение в два-три раза скорости разрушения ледяного покрытия на УДС; отсутствие влияния на величину тормозного пути; снижение уровня транспортной аварийности, возможных сопутствующих чрезвычайных ситуаций техногенного характера

естественного биологического разложения и выделения тепловой энергии. Примером аналогичного действия могут служить процессы, происходящие при гниении сена, соломы, а также в навозе или птичьем помёте. При этом жидкая добавка нетоксична, практически не опасна, не издает неприятных запахов, её расход определен соответствующим количественным соотношением с распространяемым равномерно по территории улично-дорожной сети противогололёдным материалом на основе золошлаковых вторичных ресурсов. Состав биодобавки, количественные соотношения противогололёдного материала и биореагента зарегистрированы в качестве ноу-хау (секрета производства) во ВНИИ ГО ЧС (ФЦ).

Таким образом, предлагаемое инновационное решение позволяет перейти от затратных в большинстве своём и экологически опасных механико-химических методов борьбы с зимней скользкостью на физико-механические и биологические. Научно-

практическая идея отражена на разработанной автором принципиальной схеме (рис. 2).

Ожидаемые эффекты от внедрения предлагаемого инновационного метода (технологии) систематизированы в табл. 1.

ВЫВОДЫ

В настоящей работе решены три исследовательские задачи. Во-первых, проведён системный анализ применяемых противогололёдных материалов и химических антигололёдных реагентов, который показал их опасность для окружающей среды и здоровья населения.

Во-вторых, предложен новый подход к повышению защищённости городской среды от транспортных аварий на основе использования безопасных материалов.

В-третьих, обоснованы возможность ресурсосберегающего подхода к созданию нового, экологически безопасного противогололёдного материала на основе повторного применения золошлаковых и органических





отходов взамен использования для этих целей природных ископаемых, допустимость замещения механического и химического способов борьбы с зимней скользкостью на экологически безопасный механико-физический.

По результатам работы с учётом проведения дополнительных лабораторно-инструментальных исследований планируется оформление патента на изобретение и формализация в виде ноу-хау.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Самодурова Т. В. Оперативное управление зимним содержанием дорог: Научные основы: Монография. – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 2003. – 168 с. ISBN 5-9273-0323-4.

2. Кузнецов Ю. В. Проблемы контроля скользкости дорожных покрытий и пути их решения // Автомобильные дороги. – 2022. – № 8 (1089). – С. 117–118. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49341209>. Доступ 14.02.2023.

3. Нюдь А. С., Киряков Е. И. Существующие проблемы выявления и ликвидации зимней скользкости на автомобильных дорогах и мостовых сооружениях // Вестник ТГАСУ. – 2013. – № 2 (39). – С. 354–361. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/qbvckt>. Доступ 14.02.2023.

4. Самодурова Т. В., Андреев А. В. Исследование условий образования различных видов зимней скользкости на покрытиях автомобильных дорог // Известия вузов. Строительство. – 2003. – № 5 (533). – С. 91–96. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18247865>. Доступ 14.02.2023.

5. 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.

6. 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.

7. 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. – № 6 (129). – С. 756–773. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.6.756-773.

8. Мальчик А. Г., Литовкин С. В. Изучение золошлаковых отходов для их использования в качестве вторичных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9 (часть 1). – С. 23–27. [Электронный ресурс]: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7431>. Доступ 14.02.2023.

9. Цельковский Ю. К. Утилизация золошлаковых отходов угольных ТЭС (законодательные и нормативно-

технические документы): Учеб. пособие. – М.: ВТИ, 2014. – 63 с. [Электронный ресурс]: <https://masters.donntu.ru/2017/feht/metlina/library/article4.htm>. Доступ 14.02.2023.

10. Ефимов Н. Н., Яценко Е. А., Смолий В. А., Косарев А. С., Копица В. В. Экологические аспекты и проблемы утилизации и рециклинга золошлаковых отходов тепловых электростанций // Экология промышленного производства. – 2011. – № 2. – С. 40–44. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16217499>. Доступ 14.02.2023.

11. Bredel, G. Tackling India's coal ash problem. Mining Engineering, 1995, Vol. 10, P. 51. [Электронный ресурс]: <https://me.smenet.org/abstract.cfm?preview=1&articleID=3636&page=21>. [ограниченный доступ]

12. Liu, Hongjun; Yuan, Feng; Yang, Donghai. The strength varieties of the subsurface made of lime and fine coal ash of the Hingwaj from Changba to Baichengt. Dongbei linye daxue. J. Nort-East Forest. Univ., 2000, Vol. 28, No. 1, P. 45.

13. Путилин Е. И., Цветков В. С. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог: Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твёрдого топлива на ТЭС. – М.: СоюздорНИИ, 2003. – 60 с. [Электронный ресурс]: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293854/4293854006.pdf>. Доступ 14.02.2023.

14. Федорова Н. В., Мохов В. А., Бабушкин А. Ю. Анализ зарубежного опыта использования золошлаковых отходов ТЭС и возможностей мультиагентного моделирования процессов утилизации (обзор) // Экология промышленного производства. – 2015. – № 3 (91). – С. 2–7. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24863456>. Доступ 14.02.2023.

15. Вишня Б. В., Уфимцев В. М., Капустин Ф. Л. Перспективные технологии удаления, складирования и использования золошлаков ТЭС: Монография. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2006. – 186 с. ISBN 5-321-00634-2.

16. 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, Nairobi, Kenya, IRP, 2020, 173 p. ISBN 978-92-807-3771-4. DOI: 10.5281/zenodo.3542680.

17. Elgizawy, S. M, El-Haggag, S. M., Nassar, Kh. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. Procedia Engineering, 2016, Vol. 145, pp. 1306–1313. DOI:10.1016/j.proeng.2016.04.168.

18. 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.2017.11.001.

19. Kirchherr, Julian, Reike, Deniso, Hekkert Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation & Recycling, 2017, No. 127, pp. 221–232. DOI: 10.2139/ssrn.3037579.

20. Hart, J., Adams, K., Giesekam, J. [et al]. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. Procedia CIRP, 2019, No. 80, pp. 619–624. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>. ●

Информация об авторе:

Цховребов Эдуард Станиславович – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник Центра ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, Москва, Россия, rebrovstanislav@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 14.02.2023, одобрена после рецензирования 27.02.2023, принята к публикации 03.03.2023.



КОЛЕСО ИСТОРИИ



ВОССТАНАВЛИВАЯ СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

118

Судьба добровольцев-студентов МИИТ, воевавших в 19 отдельном батальоне воздушного наблюдения, оповещения и связи.



УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ

126

Человеческие ресурсы и 130 лет назад воспринимались как ключевые для успешной работы железных дорог. Исторические документы, опыт, проекция на будущее.

