



для повышения эффективности процессов проектирования, строительства и содержания объектов транспортной инфраструктуры со снижением затрат на владение данными активами [19].

Разработка EPD и отслеживание воздействия своей продукции

и результатов работ на протяжении всего жизненного цикла дает компаниям ряд преимуществ по сравнению с конкурентами, которые не внедряют практики ответственного подхода в свою деятельность.

Применение подобного подхода при подготовке и реализации проектов

дорожного строительства также стимулирует комплексную оптимизацию проектно-технологических решений за счет их дополнительного рассмотрения и оценки в ракурсе жизненного цикла с учетом потребительских качеств и интересов всех заинтересованных сторон. [19]. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Siqi C. et al. New sights for measuring the relations among environmental information disclosure, economic performance and corporate governance // The International Journal of Electrical Engineering & Education. — 2020. — С. 0020720920983689
2. Yousaf I., Suleman T., Demirel R. Green investments: A luxury good or a financial necessity? // Available at SSRN3855125. — 2021.
3. EPA, "United States Environmental Protection Agency, Global Greenhouse Gas Emissions by Economic Sector," 2015. Available: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data> (дата обращения: 20.09.2021).
4. IPCC, "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
5. ГОСТ Р ИСО 14025–2012 «Экологические декларации типа III. Принципы и процедуры». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200102928> (дата обращения: 20.09.2021).
6. Стратегический подход к международному регулированию химических веществ в центре внимания сектора здравоохранения. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.who.int/ipcs/saicm/saicm/ru> (дата обращения: 20.09.2021).
7. Цели в области устойчивого развития. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения: 20.09.2021).
8. Международная система экологических деклараций The International EPD® System. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.environdec.com/> (дата обращения: 20.09.2021).
9. Product Category Rules, Международная система экологических деклараций The International EPD® System. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://environdec.com/product-category-rules-pcr/the-pcr> (дата обращения: 23.09.2021).
10. Мамулат С.Л. Современные проектные решения и технологии строительства кустовых площадок и дорог с применением технологии стабилизации и укрепления грунтов/ доклад на Тюменском нефтегазовом форуме, сентябрь 2019 г. DOI: 10.13140/RG.2.2.19352.01285 [Электронный ресурс]. — режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/341297520_Sovremennye_proektnye_resenia_i_tehnologii_stroitelstva_kustovyh_plosadok_i_dorog_s_primeneniem_tehnologii_stabilizacii_i_ukreplenia_gruntov (дата обращения 23.10.2021).
11. Мамулат С.Л. «Комплексные решения по переработке нефтесодержащих шламов и строительству/реконструкции промышленных дорог и площадок»/ Доклад в рамках Российского нефтегазового форума 2021 г. Уфа, май 2021 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/351979021_Kompleksnye_resenia_po_pererabotke_neftsoderzashih_slamov_i_stroitelstvurekonstrukcii_promyslovyyh_dorog_i_plosadok_Doklad_v_ramkah_Rossijskogo_neftegazovogo_foruma_2021 (дата обращения 23.10.2021).
12. Зворыкина Ю.В., Станкевич В.Г., Марьев В.А., Мамулат С.Л. Устойчивое развитие транспортной инфраструктуры — «зеленый ориентир» курса на развитие экономики «замкнутого цикла» и повышение качества жизни/ «Мир дорог» Специальный выпуск «Научные тенденции в дорожной отрасли», Апрель 2020 г., стр.10–39.
13. Mamulat Stanislav "The development of transport infrastructure in zones with special geological and climate conditions" / World Transport Convention 2018, Beijing (PRC), 18–21 June 2018 г. DOI: 10.13140/RG.2.2.17661.18402 [Электронный ресурс]. — режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/341270746_The_Development_of_Transport_Infrastructure_in_Zones_with_Special_Geological_and_Climate_Conditions (дата обращения 23.10.2021).
14. Ю.В. Зворыкина, С.Л. Мамулат, КОМПЛЕКСНЫЕ «ЗЕЛЁНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ для дорожного, аэродромного и гидротехнического строительства в удаленных регионах/ Аналитический сборник «Инновационные научно-технические проекты и исследования, нацеленные на обеспечение безопасной и эффективной транспортной работы в период после COVID-19»/ Исполнительный комитет Координационного транспортного совещания СНГ и АНО «Институт исследований и экспертизы Внешэкономбанка», Москва, ноябрь 2020, раздел 1.3., стр. 24–33 DOI: 10.13140/RG.2.2.34042.93128
15. Левин Б.В., Лисюк Б.С., Луценко К.Л., Лыткин А.А., Свитцов А.А., Станкевич В.Г., Мамулат С.Л. Нефелиновые концентраты и шламы — уникальное сырье для геополимерных материалов и конструкций/ журнал «Мир дорог», № 129–130, июль 2020 г., стр. 91–100, DOI: 10.13140/RG.2.2.17349.06880
16. S.L. Mamulat, T.E. Omelchenko Experience with the use of magnesia binder in construction and manufacturing of building materials/ preprint DOI:10.13140/RG.2.2.22888.49924 Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/342212592_Experience_with_the_use_of_magnesia_binder_in_construction_and_manufacturing_of_building_materials (дата обращения: 23.10.2021).
17. B. V. Khaidarov, D. S. Suvorov, D. V. Lysov, G. G. Luchnikova, M. E. Druzhinina, D. V. Kuznetsov, A. V. Bychkov, I. N. Burmistrov and S. L. Mamulat Investigation of Mineral Hydraulic Binders Based on the Slag-Cement System Obtained with the Use of Vortex Electromagnetic Homogenization/ Refractories and Industrial Ceramics, July 2021 Vol. 62, No. 1, May, 2021, pp 103–107, DOI: 10.1007/s11148-021-00567-8
18. Зеленое финансирование [электронный ресурс] — Режим доступа: <https://veb.ru/ustojchivoe-razvitie/zeljonoe-finansirovanie/> (дата обращения 23.10.2021).
19. Зворыкина Ю.В., Мамулат С.Л., Пшенин И.А., Троттье Паскаль. Управление Инфраструктурными Активами (AIM) — новая системно-интегрированная концепция управления дорожным хозяйством? / Журнал «Мир дорог», № 134, январь 2021, стр. 58–71, DOI: 10.13140/RG.2.2.31297.38247

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТЬ ВОВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ В ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Ежегодно в России образуется около 20 млн т продуктов сжигания твердого топлива ТЭС в виде золошлаков (ПСТТ-ЗШО). Накопленный объем данного вида отходов в стране составляет 1,8 млрд т [1]. Утилизации при этом подвергается не более 10–12% [2] от образованного объема, что приводит к негативным экологическим и экономическим последствиям.

Н. А. Осокин, И. Ю. Золотова, Ю. В. Никитушкина,

Центр отраслевых исследований и консалтинга, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации



Данная проблематика в первую очередь актуальна для регионов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, где сконцентрированы основные объекты угольной генерации в стране. Одним из потенциальных направлений для утилизации ПСТТ-ЗШО в стране может стать отрасль дорожного строительства. В статье рассмотрен зарубежный опыт вовлечения ПСТТ-ЗШО в дорожное строительство, а также приведены оценки авторов по расчету эффективного радиуса использования золошлаков в качестве насыпи земляного полотна автодорог с учетом принципа экономической целесообразности.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПСТТ-ЗШО

Наибольшие объемы вовлечения золошлаковых отходов в отрасль дорожного строительства в мире

на сегодняшний день можно наблюдать в Индии и США. В 2018 г. в Индии было использовано 13 млн т ПСТТ-ЗШО при строительстве дорожных насыпей и 7 млн т ПСТТ-ЗШО — при строительстве верхних слоев дорожной одежды (рисунки 1). Высокие показатели вовлечения ПСТТ-ЗШО в дорожное строительство в Индии обусловлены созданием условий для повышения экономической целесообразности процесса. Так, в 1999 г. Министерство природы, лесов и климатических изменений Индии издало распоряжение об обязательном:

- ♦ использовании продукции, произведенной с применением ПСТТ-ЗШО, в проектах жилой и нежилой застройки в радиусе 100 км от угольных электростанций [4];

- ♦ использовании золошлаков при сооружении дорожных насыпей, возводимых на расстоянии в 100 км от угольной электростанции.

В США 13% от образованного объема ПСТТ-ЗШО (7,8 млн т) было вовлечено в строительство верхних слоев дорожной одежды в 2018 г. (рисунки 2). Согласно данным Американской ассоциации дорожно-транспортных строителей [5], ежегодная экономия в стране за счет использования золы-уноса в дорожном строительстве составляет 5,2 млрд долл. США. [6] Больших объемов утилизации в США удалось достичь за счет соблюдения всех требований технологического регламента использования ПСТТ-ЗШО в проектах автодорожного строительства. За время реализации 6 пилотных проектов (с 1970 по 1985 гг.) было

установлено, что ПСТТ-ЗШО могут быть использованы при сооружении всех слоев дорожной одежды [7]. Наибольший положительный эффект достигается при использовании золошлаков в пропорции 20% от общего объема насыпи, и 15% от общего объема дорожного покрытия.

РОССИЙСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПСТТ-ЗШО

Отечественный опыт вовлечения ПСТТ-ЗШО в дорожное строительство пока носит ситуативный, нежели системный характер [9]. К настоящему моменту было реализовано всего несколько успешных проектов по использованию ПСТТ-ЗШО при сооружении автомобильных дорог. В 2016 г. 700 тыс. т ПСТТ-ЗШО Каширской ГРЭС были использованы при строительстве насыпи мостового сооружения, открытого на 87-м километре железнодорожного перегона Михнево-Жилёво в подмосковном Ступинском районе [8]. В 2018 г. был осуществлен аналогичный по масштабам проект строительства дорожной развязки в Люберецком районе Московской области с использованием золошлаковой смеси (ЗШС) ТЭЦ-22 Мосэнерго [9].

Опыт применения ПСТТ-ЗШО в России говорит о том, что данные отходы в основном используются в качестве насыпи земляного полотна. Это обусловлено тем, что к сооружению насыпи предъявляются наименее жесткие технологические требования. При этом в 2013 г. Федеральное дорожное агентство (Росавтодор) утвердило методический документ ОДМ 218.2.031-2013 «Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве» (ОДМ 218.2.031) [10]. В данном документе говорится, что ПСТТ-ЗШО потенциально могут использоваться в сооружении всех слоев дорожной одежды при соответствии критериям химического состава и физико-механических свойств.

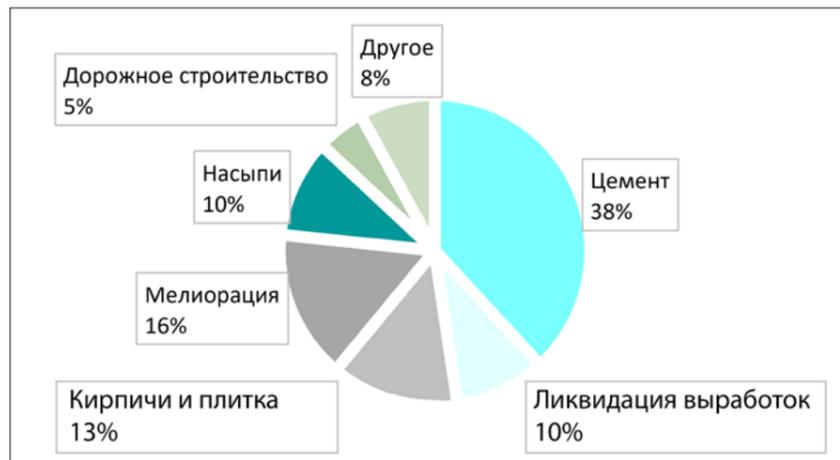


Рисунок 1. Утилизация ПСТТ-ЗШО по отраслям в Индии в 2018 г. Источник: составлено авторами на основе [3]

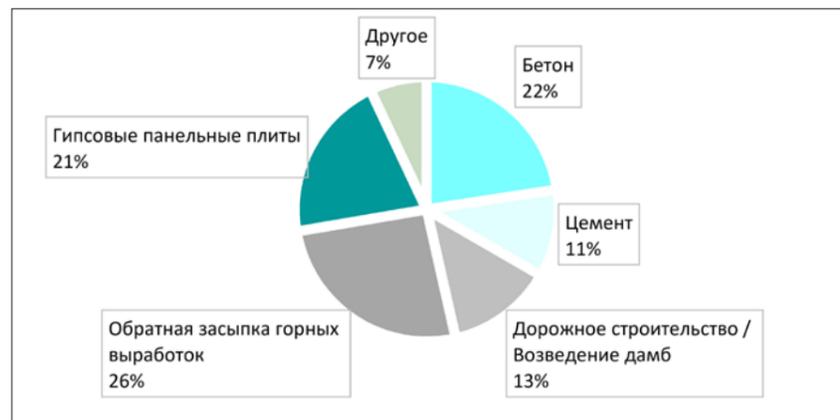


Рисунок 2. Направления утилизации золы-уноса в США в 2018 г. Источник: составлено авторами на основе [6]

ЭФФЕКТИВНЫЙ РАДИУС УТИЛИЗАЦИИ ПСТТ-ЗШО

Экономически целесообразным вовлечение золошлаков в строительство дорог будет только при условии нахождения источника формирования ПСТТ-ЗШО (золоотвала) в пределах зоны экономически целесообразного транспортного плеча, т.н. эффективного радиуса* [11]. Это обусловлено

тем, что на транспортные расходы приходится существенная доля затрат для большинства направлений утилизации ПСТТ-ЗШО. В целях определения эффективного радиуса утилизации золошлаков авторами был произведен расчет стоимости транспортировки ПСТТ-ЗШО автомобильным транспортом от золоотвала до возводимого участка дороги.

Таблица 1. Расчет стоимости материала для сооружения дорожной насыпи автомобильных дорог

Материал	Цена реализации материала без учета транспортного плеча, руб. за 1 т*	Цена реализации (руб.) материала на 1-м самосвале (9 т) с учетом транспортного плеча в размере:			
		10 км	50 км	100 км	150 км
Золошлаковый грунт	1	265	1 287	2 564	3 842
Глинистый грунт	300	2 956	3 978	5 255	6 533
Песчаный грунт	350	3 406	4 428	5 705	6 983

* Цены взяты на основе средних рыночных цен в регионах Сибирского федерального округа, где расположено наибольшее число ПСТТ-ЗШО в России
Источник: рассчитано авторами

Для модельного расчета была взята марка грузового автомобиля КамАЗ 43253 как одна из наиболее распространенных по стране, имеющая следующие характеристики:

- грузоподъемность автомобиля — 9 т;
- норма расхода бензина — 35 л на 100 км.

Для модельного расчета были взяты соответствующие расчетные величины:

- цена бензина за 1 л — 48 руб.;
- часовая ставка оплаты труда водителей грузового транспорта — 300 руб. в час.

На основе данных вводных была посчитана стоимость использования ПСТТ-ЗШО, а также песчаного и глинистого грунта (альтернативных материалов) при сооружении земляного полотна дорожной насыпи (таблица 1). Согласно проведенным расчетам, стоимость использования ПСТТ-ЗШО в дорожном строительстве при величине транспортного плеча в 150 км практически сопоставима со стоимостью использования

альтернативных материалов с транспортным плечом в 10 км. Таким образом, в сравнении с состоянием между объектом строительства и ближайшим песочным или глинистым карьером применение ПСТТ-ЗШО при строительстве дорог может существенно сокращать расходы проектов. При этом необходимо понимать, что эффективный радиус для конкретного объекта будет отличаться с учетом расположения золоотвала и источников традиционного сырья. При этом усредненные оценки показывают, что целесообразно будет транспортировать ПСТТ-ЗШО от золоотвала, находящегося в радиусе 130–150 км от перспективного объекта дорожного строительства.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Опыт зарубежных стран, в первую очередь Индии, показывает, что реализация проектов по вовлечению ПСТТ-ЗШО в дорожное строительство в пределах эффективного радиуса позволяет одновременно решать задачи охраны окружающей среды и повышения экономической эффективности проектов. Однако для реализации данного опыта в России потребуются внести изменения

в Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 07.04.2020) «Об отходах производства и потребления». В частности, необходимо установить ограничение на использование традиционных ресурсов (песок, суглинок) в проектах дорожного строительства при условии технической возможности (подтвержденной соответствующей технической документацией) применения ПСТТ-ЗШО, расположенных на объектах размещения в пределах эффективного радиуса. Также данный механизм потребует внесения изменений в ст. 18 Закона Российской Федерации от 21.02.1992 N2395-1 «О недрах», а именно в части ограничения на выдачу лицензий на пользование недрами с целью добычи полезных ископаемых, если в пределах эффективного радиуса размещаются техногенные материалы, способные их заменить. Определение методики расчета эффективного радиуса должно быть закреплено на уровне подзаконного акта. Внесение соответствующих законодательных поправок станет дополнительным стимулом к вовлечению золошлаков в строительство дорог как для источников образования отходов, так и для потребителей продуктов (материалов) на их основе. ■

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Аникеев, В., & Силка, Д. Н. (2021). От отходов угольных электростанций к производству строительных материалов. Энергетическая политика, (1 (155)), 48–55.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» от 25.01.2018 г. № 84-р URL: <https://rulaws.ru/government/Rasporyazhenie-Pravitelstva-RF-ot-25.01.2018-N-84-r/> (дата обращения: 03.09.2021)
3. Venkatesh Sharma. et al. (2019). Trends in Utilization of Coal Fly Ash in India: A Review // Journal of Engineering Design & Analysis. Т. 2. — № . 12–16. — С. 13–16.
4. Low Carbon and Resource Efficient Technology: Scaling Up of Fly Ash Brick Technology in India // Asia-Pacific Network for Global Change Research URL: <https://www.apn-gcr.org/resources/files/original/1f1ab94ed4651ca0247734fec8c5245b.pdf> (дата обращения: 14.09.2021).
5. American Road & Transportation Builders Association (ARTBA) // URL: <https://www.artba.org/> (дата обращения: 14.09.2021))
6. Beneficial use of coal combustion products // American Coal Ash Association (ACAA) URL: <https://www.acaa-usa.org/Portals/9/Files/PDFs/ACAA-Brochure-Web.pdf> (дата обращения: 14.09.2021)
7. Sun X. et al. (2016). A review on the management of municipal solid waste fly ash in American //Procedia Environmental Sciences. Т. 31. — С. 535–540.).
8. Каширская ГРЭС обеспечила применение золошлаковых отходов в инфраструктурных проектах Подмосковья // Интер РАО — Электрогенерация URL: <http://irao-generation.ru/press/news/detail.php?ID=11383> (дата обращения: 14.02.2021)
9. Осокин Н., Золотова И. (2020). «Зольные» автодороги — насколько реально системно использовать отходы ТЭС в дорожном строительстве? Teplovichok Today
10. Об издании и применении ОДМ 218.2.031-2013 «Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве» // Росавтодор URL: <https://rosavtodor.ru/docs/prikazy-rasporyazheniya/13332> (дата обращения: 03.09.2021).
11. Reiner M., Rens K. (2006). High-volume fly ash concrete: analysis and application //Practice periodical on structural design and construction. Т. 11. — № . 1. — С. 58–64.

* Под эффективным радиусом в рамках данной статьи понимается дистанция от места размещения золошлаков (золоотвал) до места их утилизации, которая обеспечивает более низкую себестоимость транспортировки ПСТТ-ЗШО по сравнению с альтернативными ресурсами (песок, гравий, щебень и др.).