

К апрелю 2023 г. «Сколтех» участвует в развертывании сети 5G в метрополитене Москвы, в создании частных 5G-сетей для крупнейших российских корпораций, в двух проектах в сфере беспилотного транспорта и «запуске опытных зон с нашим оборудованием в реальных сетях операторов в крупнейших городах России». В Фонде НТИ считают, что технология «обладает экспортным потенциалом». Утверждается, что несколько «дружественных стран уже проявили интерес к проекту».

В заключение отметим, что представители российской промышленности стремятся не просто удовлетворить потребности отечественного рынка, заместив ушедших зарубежных вендоров, но и наладить экспорт собственной продукции, что благополучно скажется на взаимоотношениях России и Беларуси.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Почему и как 5G изменит все: технологии, поэтапное внедрение и элементная база для абонентского оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/articles/490404/>. – Дата доступа : 17.04.2023.

2 Инфраструктура 5G: развивающийся рынок [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://iot.ru/promyshlennost/infrastruktura-5g-razvivayushchiysya-rynok>. – Дата доступа : 17.04.2023.

3 ИскраУралТЕЛ на карте «Российские производители и разработчики решений для сетей LTE и 5G. ComNews [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.iskrauraltel.ru/ru/company/news/2023/02/1230-LTE-5G-ComNews>. – Дата доступа : 17.04.2023.

4 «Микран» отложил серийный выпуск оборудования 5G из-за сложностей с комплектующими [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://telesputnik.ru/materials/companies/news/mikran-otlozhil-seriynyy-vypusk-oborudovaniya-dlya-5g-iz-za-slozhnostey-s-komplektuyuschimi>. – Дата доступа : 17.04.2023.

5 Создание первой российской базовой станции 5G [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Сколтех\\_Базовые\\_станции\\_5G#](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Сколтех_Базовые_станции_5G#). – Дата доступа : 17.04.2023.

Получено 20.05.2022

---

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.

Вып. 28. Гомель, 2023

---

УДК 625.068.2

*Е. Д. БЕРЁЗКИН (СА-41), И. А. ТОМЧУК (СА-51)*

Научный руководитель – канд. экон. наук *И. М. ЦАРЕНКОВА*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Природные минеральные ресурсы не всегда используются рациональным образом. Возникают скопления отходов, которые классифицируются как «техногенные место-

рождения», нарушающие экологический баланс в природе. Учитывая данные факты, в статье представлены возможные способы использования вторичных энергетических, а также материальных ресурсов в дорожном строительстве.

В последнее время исследования направлены на поиск новых экологически чистых и дешевых строительных материалов. Эти исследования преследуют цели расширения сырьевой базы по производству строительных материалов дорожного назначения. С учетом новейших разработок в сфере производства химических добавок для дорожного строительства и использования вторичных ресурсов создается возможность добиться снижения производственных издержек в строительной индустрии [1, 2].

При строительстве дорожных конструкций при выборе материалов особое внимание уделяется обеспечению необходимой прочности. Реут Ж. В., Зиневич С. И. в своих исследованиях предлагают использование цементгранулята в дорожном строительстве [3, 4]. Борукаев С. Б. акцентирует внимание на повышении экологичности производства дорожных работ. Наряду с этим в качестве ресурса с целью снижения себестоимости постройки дорожных сооружений предлагает применение различные отходов промышленности [5].

Как показали проведенные автором исследования, промышленные и бытовые отходы, которые широко применяют за рубежом, представляют собой перспективный источник альтернативных материалов. Эти материалы дешевы и доступны, применение разработанной технологии позволяет решить вопросы, связанные с утилизацией отходов и улучшением экологической ситуации в регионе.

В таблице 1 систематизированы промышленные отходы, которые могут эффективно использоваться в дорожном строительстве.

В то же время использование вторичного сырьевого ресурса требует определенных операций для создания условий по эффективному применению в дорожном строительстве.

**Таблица 1 – Промышленные, бытовые отходы и побочные продукты**

Отходы и побочные продукты	Источник	Возможное применение
1 Пепел, золы	Тепловые электростанции	Наполнитель асфальтобетонных смесей, искусственные заполнители
2 Доменный шлак	Металлургическое производство чугуна	Минеральное вяжущее, стабилизатор грунтов (молотый шлак), заполнитель бетонных смесей
3 Бетонный лом	Строительная индустрия	Заполнитель бетонных смесей, щебень под дорожное полотно
4 Вскрышные породы	Добыча угля, металлических руд	Замена грунта-пльвуна
5 Отработанные горючие сланцы	Нефтехимическая промышленность	Замена грунта-пльвуна

Окончание таблицы 1

Отходы и побочные продукты	Источник	Возможное применение
6 Литейные пески	Литейная промышленность	Мелкий наполнитель для бетона, песчаные подушки
7 Отсевы от дробления каменных материалов	Строительная индустрия (ГОК)	Отсевы фракции 5–10 мм для модифицирования бетонов, асфальтобетона, производства стеновых камней
8 Цементная пыль	Цементная промышленность	Стабилизация грунтового основания дорожного полотна, связующее в битумной смеси, модификация молотых граншлаков
9 Загрязненное машинное моторное масло	Автомобильная индустрия	Модифицирование свойств бетона
10 Мраморная пыль	Строительная и горнодобывающая промышленность	Наполнитель битумного вяжущего, модификатор свойств тяжелых бетонов
11 Отработанные шины	Автомобильная индустрия	Резиновая крошка для модифицирования битума, производство тротуарной плитки, резиновых коврик

Наличие вторичных ресурсов на основе отходов и побочных продуктов производств для широкого применения в дорожном строительстве требует разработки технологий по подготовке исходных материалов к промышленному использованию.

В таблице 2 представлены основные направления применения промышленных отходов в дорожном строительстве.

**Таблица 2 – Преимущества и недостатки применения промышленных отходов в дорожном строительстве**

Материал	Преимущества	Недостатки
1 Пепел, золы	Легкий, используемый в качестве вяжущего вещества в стабилизированном грунте (проявляет пуццолановые свойства)	Отсутствие однородности, наличие сульфатов, обеспечивает плавный набор прочности
2 Доменный шлак. Ваграночный шлак. Шлак цветной металлургии	Способность твердеть во влажных условиях, стабилизировать и структурировать основание. Производство минерального вяжущего	Требуется измельчать до удельной поверхности 300 м <sup>2</sup> /кг, необходимо подобрать активатор твердения, удалить остатки металлов
3 Бетонный лом	Большая прочность, может быть использован в качестве крупного заполнителя	Нестабильность свойств, образуется до 30 % пыли, требуется удаление металла и древесины

Окончание таблицы 2

Материал	Преимущества	Недостатки
4 Вскрышные породы	Используются для замены слабых и переувлажненных грунтов	Много включений неоднородных пород
5 Отработанные горючие сланцы	Нежелательное использование в дорожном строительстве	Сжигание несгоревшего угля, сульфатная коррозия
6 Литейные пески	Заменитель мелкого заполнителя в асфальтобетонных смесях и песчаной подушки	Наличие металлов в смеси, неоднородность гранулометрического состава
7 Отсевы от дробления каменных материалов	Способны структурировать грунтовые основания, асфальтобетонные смеси, производство мелкоштучных бетонных камней	Требуются промывка отсево и грануляция материала
8 Цементная пыль	Гидратирует при взаимодействии с водой, может использоваться при стабилизации почвы	Наличие большого количества щелочи вызывает коррозию цементного камня и растрескивание
9 Загрязненное машинное моторное масло	Хороший модификатор структуры шлакощелочных бетонов	Требуется организованный сбор отработанного минерального моторного масла
10 Мраморная пыль	Модификатор свойств битума	Требуется технология тонкого измельчения
11 Отработанные шины	Гранулят применяется для модифицирования свойств битума	Требуется разработка специального метода тонкого измельчения и смешивание с битумом

Главный акцент целесообразно сделать на гранулированные шлаки черной металлургии и химической промышленности, формовочные пески, а также золы.

Основное применение шлаков:

- замена крупного заполнителя;
- модифицирование грунта за счет создания контактной структуры.

При конструировании дорожных одежд с применением шлака учитывают стабильность структуры и способность шлака к гидратационному твердению. Шлаковый щебень неустойчивой структуры из активных шлаков может применяться только для устройства оснований. Щебень из малоактивных шлаков неустойчивой структуры используется в конструктивных слоях дорожных одежд после приобретения им устойчивой структуры, но не ранее чем через один год хранения в открытых штабелях.

Значительное повышение деформационных и прочностных свойств конструктивных слоев из шлака достигается при обработке органическими и минеральными вяжущими материалами. Все металлургические шлаки, благодаря своим текстурно-структурным особенностям, обладают, как правило, несколько большей битумоемкостью, чем щебень из естественных каменных материалов, что должно учитываться при технико-экономических расчетах.

Очень важным является вопрос о влиянии химического состава шлака на прочность адгезионно-когезионных связей и процессы старения битума, от которых в конечном счете зависят надежность и долговечность конструктивных слоев из шлаковых асфальтобетонных смесей. Более прочное и стабильное сцепление с битумом может быть получено при обработке основных шлаков, обладающих ярко выраженными гидрофобными свойствами.

Зола ТЭЦ наиболее активно применяются для стабилизации грунтов – повышения прочности основания для снижения вероятности усадки или вспучивания, совместно с известью для районов с малым количеством атмосферных осадков. Применяются золы ТЭЦ и как компонент структурной добавки в поргланецмент (зола-уноса), что позволяет активно влиять на процессы твердения гидравлического вяжущего. Использование золы-уноса и золошлаковых смесей в качестве мелкого и крупного заполнителя в бетонной смеси значительно снижает себестоимость материала, так как подготовка золы-уноса требует меньше затрат по сравнению с песком и щебнем.

Технология изготовления дорожного полотна с использованием вторичного сырья дает много преимуществ. Природные ресурсы сохраняются за счет того, что повторно используются материалы, и нет необходимости добывать в карьерах новый щебень и отсеивать и осуществлять подвозку песчаных материалов. Антропогенная нагрузка на окружающую среду уменьшается, так как значительная часть строительного лома не вывозится на свалки и не загрязняет большие территории, а снова идет в дело. Увеличивается скорость строительства. За счет всего этого происходит существенная экономия при строительстве дорог.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бусел, А. В.** Получение активированных минеральных порошков из отработанных формовочных смесей и их применение в дорожном асфальтобетоне : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / А. В. Бусел. – Минск, 1983. – 23 с.

2 **Шумчик, В. К.** Инновационные технологии при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог / В. К. Шумчик, С. Е. Кравченко // Автомобильные дороги, мосты и подземные сооружения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Белорус. нац. техн. ун-та, 21–22 окт. 2010 г. / отв. ред. И. И. Леонович [и др.]. – Минск : БНТУ, 2010. – Ч. 1. – С. 213–223.

3 **Реут, Ж. В.** Цементогранулят как альтернатива природному сырью / Ж. В. Реут, С. И. Зиневич, Д. М. Ковалев // Дорожное строительство и его инженерное обеспе-

чение : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / редкол. С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 65–70.

4 **Зиневич, С. И.** Использование цементогранулята в дорожном строительстве / С. И. Зиневич, А. К. Каюмов, Д. М. Ковалев // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 134–141.

5 **Борукаев, С. Б.** Применение вторичных материалов в ходе дорожных работ / С. Б. Борукаев // Молодой ученый. – 2019. – № 28. – С. 20–22.

Получено 12.05.2023

---

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.  
Вып. 28. Гомель, 2023

---

УДК 330.43

*Ю. С. БЕЛОУСОВА, А. В. ГОЛУБЦОВА (ГБ-21)*

Научный руководитель – канд. экон. наук *О. А. ХОДОСКИНА*

## **МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ: ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**

Представлено множество методов моделирования, среди которых рассматриваются такие методы, как метод сценариев, графический метод, метод «дерева целей», морфологический метод, деловые игры, а также методы мозгового штурма, синектики, метод «Делфи», или метод «дельфийского оракула», метод решающих матриц, методы комиссий и суда. Также были отмечены отличительные особенности данных методов, их преимущества и недостатки.

На сегодняшний день моделирование помогает изучить объект исследования на основе построения модели объекта в целях изучения его с разных сторон, выявления положительных и отрицательных сторон, а также изучения специфики объекта, установления прогноза на будущий период и принятия оптимальных решений, что делает выбранную тему особенно актуальной.

Основными из методов моделирования, используемыми на практике с наибольшим успехом, являются метод сценариев, графический метод, метод «дерева целей», морфологический метод и др. Их изучению посвящены труды таких авторов, как Звонарев С. В. («Основы математического моделирования»), Ибрагимов, И. М. («Основы компьютерного моделирования наносистем»), Губарь, Ю. В. («Введение в математическое программирование»), К. С. Гришаков («Моделирование сверхпроводников на основе временных уравнений Гинзбурга – Ландау»).