

5 Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды. РЦАК на выставке Ecology Expo: инновационные технологии для охраны окружающей среды! – URL: <https://www.analitcentre.by/news/novosti-tsentra/rtzak-na-vystavke-ecology-expo-innovatsionnye-tehnologii-dlya-okhrany-okruzhayushchey-sredy/> (дата обращения: 14.03.2026).

Получено 30.04.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 691.3.059.64

К. Е. ВАСИЛЬЕВ (ПС-22)

Научный руководитель – канд. техн. наук *А. А. ВАСИЛЬЕВ*

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Проведен анализ актуальности и перспектив переработки бетонных и железобетонных отходов в строительной отрасли Беларуси. Рассмотрены классификация отходов, ключевые технологии переработки (механическое дробление, электромагнитная сепарация, аппараты вихревого слоя, ускоренная карбонизация), нормативно-правовая база, опыт РФ, мировые практики. Особое внимание уделено опыту Гомельской области: УП «БМЗ-Экосервис», ЧСУП «Линия Сноса» и строящемуся комплексу ТКО. Сделан вывод о высоком потенциале вторичного сырья для экономии природных ресурсов (до 1 т щебня на 1 т отходов), снижения затрат на 20–40 % и уменьшения выбросов CO₂ до 25 % при условии совершенствования нормативной базы и внедрения передовых технологий глубокой переработки.

Строительная отрасль – крупнейший потребитель ресурсов и генератор отходов. Ежегодно в мире образуется до 2,5 млрд т строительных отходов. В России – более 15 млн т в год (60 % – обломки кирпича и железобетона), перерабатывается лишь около 5 % [1].

В Беларуси проблему решают через специализированные предприятия: УП «БМЗ-Экосервис» (Жлобин), ГП «Жилкомплект» (Минск), а также ЧСУП «Линия Сноса» (Гомель).

Необходимость использования отходов бетона и железобетона определяют экологические аспекты: захоронение занимает земли, добыча природных материалов истощает ресурсы, производство цемента даёт до 8 % глобальных выбросов CO₂; экономический аспект – переработка снижает затраты и даёт ценный вторичный материал.

Отходы бетона и железобетона отличаются не только массой, но и составом. Характеристика отходов бетона и железобетона:

- 1) по происхождению [2]:
 - отходы сноса зданий (наиболее массовые, разнородные, с арматурой);
 - брак заводов ЖБИ (однородный, без загрязнений, известная марка – ценное сырьё);
 - отходы от разрушения дорожных покрытий;
- 2) составу:
 - чистый бетонный лом;
 - железобетонный лом (с арматурой);
 - смешанный мусор;
- 3) фракциям:
 - крупногабаритные (>500 мм);
 - среднефракционные (70–500 мм);
 - мелкая крошка (<70 мм);
 - пылевидная фракция (<5 мм, 15–20 % массы).

Технологии переработки отходов бетона и железобетона [2]: подготовительный этап – сбор, сортировка (в Европе – селективный разбор), очистка от включений (особенно опасен гипс), предварительное дробление, удаление металла, механическое дробление – самый распространённый способ. Применяют стационарные и мобильные комплексы. Типы используемых дробилок: щековые (первичное дробление, надёжны, но много лещадных зёрен); конусные (вторичное дробление, кубовидная форма, сложны и дороги); роторные (мелкие фракции, высокая производительность, быстрый износ).

Специальные методы [1]: электромагнитная сепарация (до 99 % металла), воздушная и гидравлическая сепарация, термическая обработка (300–500 °С, энергозатратно).

Перспективные технологии переработки отходов:

- аппараты вихревого слоя (АВС): обработка фракции 0–5 мм в электромагнитном поле повышает удельную поверхность в 3,6 раза, позволяет замещать до 20 % цемента [1];
- технология «ЦЕМЕНТУМ» (ускоренная карбонизация): изделия с содержанием вторичного сырья до 95 % твердеют в атмосфере CO_2 . Источник CO_2 – улавливание дымовых газов промышленных предприятий. Технология одновременно утилизирует отходы и связывает парниковый газ.

Эффективность переработки отходов бетона и железобетона:

- экономия ресурсов – переработка 1 т отходов экономит $\approx 0,9 \dots 1,0$ т природного щебня, до 0,5 т песка и 0,5–1 м² площади полигона;
- энергозатраты на вторичный щебень – 6–16 кВт·ч/т, на природный – 13–24 кВт·ч/т [1];
- снижение выбросов CO_2 – замещение 20 % цемента (АВС) дает сокращение выбросов на 15–18 %, 30 % цемента – на 22–25 %, карбонизация дополнительно связывает CO_2 ;
- сохранение ландшафтов – 1 млн т переработанного бетона сохраняет 1–2 га земной поверхности;

– стоимость вторичного щебня на 20–40 % ниже природного. Окупаемость дробильного комплекса при загрузке 100–200 тыс. т в год – 2–4 года.

Флагманом отрасли по переработке отходов бетона и железобетона в Гомельской области является УП «БМЗ-Экосервис» (Жлобин) [3]. Продукция: щебень шлаковый и бетонный дроблёный, песок, смеси. За первое полугодие 2025 года реализовано около 102,5 тыс. т. Применение: автодорога М-5 Минск – Гомель (2016 г.), ремонт дорог, аэродромов. Продукция поставляется предприятиям Гомельской, Могилёвской и Минской областей [3].

В Гомеле флагманами отрасли являются:

– ЧСУП «Линия Сноса» – частное предприятие, оснащённое мобильным дробильным комплексом Sandvik QJ 341 [4]. Выполняет снос зданий и переработку бетонного боя, железобетона и кирпича непосредственно на объектах заказчика. Продукция: щебень и отсев различных фракций из дробленого бетона и кирпича, а также битумный порошок ПБ-5 (до 6000 т в месяц) для асфальтобетонных смесей и гидроизоляции. В 2013 году предприятие переработало 70 тыс. т строительных отходов, выполнив годовой план государственной программы для всей Гомельской области [4]. В 2019 году стало резидентом СЭЗ «Витебск» и организовало площадку в Орше [4];

– КУП «Гомельский городской дорожный строительно-ремонтный трест» – муниципальное предприятие, осуществляющее переработку бетона, железобетона и кирпича для нужд городского дорожного хозяйства.

Перспективным для нашего региона является строящийся под Гомелем комплекс по обращению с ТКО (ввод – 2026 год), который предусматривает площадку дробления железобетона и кирпича, что позволит повысить уровень использования отходов в регионе с нынешних 34 до 65 % [4].

Переработка отходов бетона и железобетона позволяет создавать новые материалы. Так, вторичный щебень (фракции 0–5, 5–20, 20–40, 40–70 мм) используется в бетонах, растворах, основаниях, дренажах. В конструкционных бетонах возможно частичное замещение природного щебня (требуется корректировка состава). Дорожные бетоны допускают замещение до 70–80 % щебня.

При производстве стеновых блоков и тротуарной плитки технология полусухого вибропрессования позволяет экономить до 30–50 % природных материалов.

Регенерация стальной фибры дает возможность из извлечённой арматуры производить фибру, повышающую трещиностойкость бетона в 3–5 раз и экономящую стержневую арматуру до 30 %.

Белорусские предприятия, перерабатывая отходы бетона и железобетона производят: УП «БМЗ-Экосервис» – щебень шлаковый фракций 0–70 мм, песок, смеси С5 и С2; ЧСУП «Линия Сноса» – щебень и отсев из бетона и кирпича, битумный порошок ПБ-5.

Продукты переработки отходов бетона и железобетона используются в различных отраслях:

– дорожное строительство – крупнейший потребитель (до 70 %): основа-

ния дорожных одежд, укрепление обочин, насыпи, асфальтобетон (замещение 20–30 %), дренаж. Белорусский опыт: дорога М-5 Минск – Гомель (2016 год);
– гражданское строительство: подбетонка (замещение 70–100 %), обратная засыпка, блоки подвалов, тротуарная плитка;
– рекультивация земель: выравнивание рельефа, засыпка карьеров.

Переработка отходов бетона и железобетона – актуальнейший вопрос, решение которого позволяет не только избавиться от отходов, но и значительно сократить стоимость новых материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Ибрагимов, Р. А.** Технология рециклинга бетонных отходов / Р. А. Ибрагимов, Л. И. Зигангирова // Строительные материалы. – 2025. – № 1–2. – С. 54–59.

2 **Совпель, Ю. М.** Применение рециклинга на основе боя бетона и железобетона / Ю. М. Совпель, И. П. Павлова // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сб. науч. ст. / Гродненский государственный университет им. Янки Купалы. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2024. – С. 129–131.

3 УП «БМЗ-Экосервис» : [сайт]. – Жлобин, 2025. – URL: <https://belsteel.com/company/ecology/> (дата обращения: 10.02.2026).

4 **Замула, А. А.** Белорусский опыт переработки отработанных бетонных и железобетонных конструкций в востребованные продукты / А. А. Замула // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Белорусский национальный технический университет.

Получено 19.05.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.

Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 331.45:656.2

А. В. ВОЛКОВА (ГБ-31)

Научный руководитель – ст. преп. *Т. В. ШОРЕЦ*

РАЗВИТИЕ ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Рассмотрены особенности оценки кадрового потенциала на железнодорожном транспорте. Обоснован учёт подготовки, дисциплины, обучаемости и психоустойчивости работников. Предложены направления совершенствования оценки для профилактики травматизма и снижения рисков.

В современных экономических условиях вопросы оптимизации управления трудовыми ресурсами становятся все более значимыми для организа-