

## ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*А. С. ЧУГУНОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Складирование, хранение вторичных материальных ресурсов (отходов) промышленности является огромной экологической и, конечно, экономической проблемой не только городов, но и страны в целом. Острота проблемы отходов связана с глобальными масштабами их образования. По оценкам международных экспертов, в мире ежегодно собирается около 1,3 млрд тонн отходов, в том числе вторичных ресурсов. Появление самостоятельной области природоохранной политики вызвано необходимостью решения проблемы отходов, направленной на развитие методов переработки (использования), сжигания, захоронения, а также стимулирование мероприятий по вовлечению вторичных материальных ресурсов в оборот и предотвращению образования отходов в источниках их образования [1].

На территории Республики Беларусь ежегодно образуется более 20 млн т отходов. На транспортирование отходов, их переработку, содержание свалок в среднем расходуется 10 % стоимости основной продукции. Известный факт, что всего небольшой процент переработанного сырья на промышленном предприятии войдет в себестоимость выпускаемой продукции, а остальное сырье попадет в отходы, что безоговорочно ухудшает экологию. Они отрицательно влияют на окружающую среду, включая земельные ресурсы, недра, подземные и поверхностные воды, растительность и леса в целом, а также на среду обитания животных, воздушную среду и иные компоненты и объекты окружающей среды [1]. Изменения в природной среде, которые неизбежны и очень заметны в городах с крупными предприятиями, значительно ухудшили среду обитания человека и ее качество. Применение в производстве вторичного сырья позволит уменьшить количество существующих отходов, что в свою очередь существенно улучшит экологическую обстановку.

В Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года определяется система целей, задач, принципов, приоритетов и направлений действий. Согласно [1] основными задачами Национальной стратегии являются:

- оценка текущего состояния в области обращения с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь с учетом международного опыта;
- определение основных направлений развития системы обращения вторичных материальных ресурсов (ВМР), ориентированных на улучшение экологической безопасности существующих и будущих мест захоронения, совершенствование инфраструктуры и выбор эффективных технологических решений по обращению ВМР, повышение эффективности деятельности поставщиков услуг по обращению с ВМР;
- определение прогнозного объема необходимых инвестиций в соответствии с инвестиционным планом Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь [1].

Безусловно, вышеуказанные задачи Национальной стратегии обязывают производственные предприятия ставить перед собой задачи разработки прогрессивных технологий, обеспечивающие повышение эффективности использования вторичного материального сырья. Одним из вариантов решения является стремление к использованию отходов в технологии безотходного производства (рециклинга), а также применение вторичных отходов на предприятиях других отраслей.

В целом понятие «рециклинг» включает в себя способ переработки отходов для возможности повторного применения сырья, что способствует снижению затрат на производство и повышению эффективности использования сырья.

К наиболее экологически неблагоприятным вторичным производственным отходам можем отнести отходы металлургической отрасли, предприятий топливно-энергетического комплекса, а также машиностроительной отрасли. Основную массу отходов вышеуказанных предприятий составляют золошлаковые отходы, шламы, шлаки и пр. При этом в большинстве из всех полученных отходов наибольшая часть остается на хранение в отвалах.

Сравнивая с международным опытом, можно отметить, что в Европе используется около 70 % отходов, а целью является полное отсутствие захоронения отходов в отвалах.

Одним из вариантов использования вторичных материальных ресурсов в строительстве является их применение в качестве активных минеральных добавок при получении композиционных вяжущих, а также в качестве модификаторов для бетона. Это является значимым достижением цементной промышленности, которое может позволить увеличить ресурсы гидравлических вяжущих, а также снизить расход топлива на их производство.

Активные минеральные добавки в процессе гидратации и твердения обладают пуццолановыми и гидравлическими свойствами. Пуццолановые свойства подразумевают способность материала, в составе которого есть известь, образовывать соединения гидросиликатов кальция, а значит проявлять гидравлические свойства. В свою очередь, гидравлические свойства – это способность тонкодисперсного материала, затворенного водой, твердеть и набирать прочность как на воздухе, так и в воде. В качестве минеральных добавок, обладающих вышеуказанными свойствами, используют, например, гранулированный шлак, золу уноса.

Качественные характеристики активных минеральных добавок, таких как зола уноса, напрямую зависят от чистоты сырья, температуры в зоне сжигания, времени горения частиц и химического состава топлива. Если говорить о применении составляющей вяжущего, то наличие примесей в виде необожженных глинистых материалов, несгоревших частиц угля сказываются отрицательно на качестве итогового материала. Отсюда возникает необходимость контроля качества для нужной активности золы.

Согласно [3], при использовании золы уноса с добавлением микрозема в составе строительного раствора и тяжелого бетона прочность при сжатии увеличивается. Особенно важны чистота и степень измельчения порошка, дисперсность золы уноса. Поровая структура камня меняется в зависимости от тонкости помола. Кроме механической характеристики повышается подвижность смеси при использовании золы уноса. При использовании этой комплексной минеральной добавки возможно получать растворы и бетоны с высокими прочностными показателями из самоуплотняющихся смесей. Такие смеси способны укладываться в опалубку без дополнительного уплотнения в виде вибрации и равномерно распределяться с сохранением однородности [3].

Также зола уноса может послужить материалом для минерального порошка при производстве асфальтобетона. Например, с зольными отходами Бишкекской ТЭЦ проведены исследования, по результатам которых установлено: асфальтобетонные смеси, изготовленные на основе золоотходов, отвечают требованиям ГОСТ по своим физико-механическим характеристикам [5].

Немаловажным является и то, что выброс вредных веществ при производстве портландцемента достаточно высок, а использование золы уноса позволяет сократить количество выбросов, безусловно, только улучшая окружающую среду.

Внедрение вторичных материальных ресурсов, в том числе отходов тепловых электростанций, в сферу строительства позволит не только уменьшить их количество на существующих отвалах, но и предупредить их накопление.

#### Список литературы

1 Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by> (дата обращения: 02.09.2025).

2 Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии / М. И. Панфилов, Я. Ш. Школьник, Н. В. Орининский [и др.]. – М. : Металлургия, 1987. – 238 с.

3 **Урханова, Л. А.** Высокопрочный бетон с применением золы уноса и микрозема / Л. А. Урханова, В. Е. Розина. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysokoprochnyy-beton-s-ispolzovaniem-zoly-unosa-i-mikrokremnezema/viewer> (дата обращения: 08.09.2025).

4 **Истомина, К. Р.** Возможные технологии использования золы уноса / К. Р. Истомина, А. М. Бургонутдинов, К. А. Хусаинова // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – № 1. – С. 36–44.

5 **Маданбеков, Н. Ж.** Применение в асфальтобетонных смесях минерального порошка из золошлакового уноса ТЭЦ г. Бишкек / Н. Ж. Маданбеков, Б. Ж. Осмонова // Вестник КГУСТА. – 2016. – № 1 (51). – С. 99–103.