

УДК 656

Беликова П.В., студент гр. ГБб-251

Научный руководитель: Игнатова А.Ю., к.б.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

Belikova P.V., student GBb-251

Ignatova A.Yu., Candidate of Biological Sciences

T.F.Gorbachev Kuzbass State Technical University

УСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ: ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ**SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT IN ENTERPRISES:
BEST PRACTICES AND INNOVATIVE SOLUTIONS**

Развитие технологий обращения с промышленными отходами в ближайшие десятилетия ориентируется на интеграцию мультидисциплинарных инноваций, способных справиться с растущими объемами отходов — прогнозы указывают на увеличение до 3,4–3,8 млрд. т к 2050 году. Это требует от отрасли перехода к новому пониманию, что отходы следует рассматривать не как проблему, а как ресурс.

Одной из ключевых тенденций становится широкое внедрение цифровых и «умных» систем управления отходами. Использование Интернета вещей (IoT), машинного обучения и анализа больших данных позволяет компаниям оптимизировать маршруты сбора, прогнозировать объемы наполнения контейнеров и повысить оперативность вывоза отходов. Такая цифровизация значительно сокращает операционные издержки и снижает углеродный след благодаря уменьшению количества рейсов и рациональному использованию транспорта. Кроме того, эти технологии обеспечивают прозрачность и автоматизированный контроль за процессами, что сокращает риски незаконной утилизации и способствует выполнению жестких экологических норм [1].

Будущее также за комплексными системами цифрового отслеживания жизненного цикла отходов — от места образования до конечной переработки или уничтожения. Такие платформы интегрируют данные с различных стадий обращения, обеспечивая надежное ведение учета и контроль за соблюдением нормативных требований. Рост требований законодательства усиливает спрос на подобные системы, что стимулирует развитие отечественных решений в области цифрового мониторинга и сопровождения отходов [2].

В научных исследованиях и разработках усиливается внимание к созданию multifunctional биотехнологий для утилизации сложных и

биоразлагаемых отходов, что позволит значительно уменьшить нагрузку на полигоны и снизить выбросы парниковых газов. Например, перспективны гибридные микробные системы, использующие синергетический эффект нескольких видов микроорганизмов для конверсии отходов в биопластики, биогаз и другие биопродукты, что открывает новые направления для устойчивых производств.

Дополнительно развивается направление интеграции отходов в производственные циклы не только традиционной переработки, но и инновационных материалов. В частности, исследуются технологии создания строительных и композитных материалов с использованием промышленных и органических отходов, что способствует замещению природных ресурсов и расширению применения вторичных материалов в промышленности и строительстве.

Системный подход к управлению отходами включает комплекс мероприятий — от сбора и транспортировки до утилизации и переработки, при строгом соблюдении нормативных требований. Такой подход обеспечивает не только сокращение вредного влияния на природу, но и способствует оптимизации производственных процессов. Более того, применение эффективных систем позволяет предприятиям снижать издержки, связанные с утилизацией отходов, и улучшать экономические показатели за счет внедрения ресурсосберегающих практик.

Внедрение установленных законодательством требований и стандартов создает основу для контролируемого и прозрачного управления отходами. В России, помимо федерального закона «Об отходах производства и потребления», проводятся масштабные реформы в сфере обращения с ТКО, направленные на повышение эффективности сортировки и переработки отходов, что в целом улучшает экологическую ситуацию в регионах и способствует формированию единой системы управления отходами.

Промышленные отходы, образующиеся на предприятиях, представляют собой разнообразные материалы, остатки сырья и продукты производства, способные оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Основные типы промышленных отходов включают как твердые, так и жидкие вещества, а также газы, образующиеся в различных отраслях — металлургии, химической промышленности, энергетике, строительстве и других сферах производства. Каждая отрасль генерирует специфические виды отходов, что требует индивидуального подхода к их дальнейшему обращению.

Классификация таких отходов базируется в первую очередь на степени их опасности и возможности повторного использования. В соответствии с официальными критериями, отходы подразделяются на пять классов опасности — от чрезвычайно опасных (I класс), способных вызывать необратимые экологические нарушения, до наименее опасных (V класс). Такой

подход позволяет сориентироваться в выборе методов утилизации, определяя необходимость применения специальных технологий для обезвреживания или переработки.

На первом этапе обращения с промышленными отходами на предприятии ключевую роль играет их сортировка. Современные системы сортировки предусматривают механическую и автоматизированную обработку — отделение полезных материалов от токсичных компонентов, измельчение крупногабаритных фракций и прессование для уменьшения объема. Применение таких технологий позволяет максимально эффективно разделять отходы по классам опасности и физическим характеристикам, облегчая последующую переработку или обезвреживание [3].

Сортировка также способствует исключению загрязняющих веществ из процессов повторного использования, что повышает качество вторичного сырья и снижает технологические риски. В условиях роста объемов промышленных отходов, например, на 21,5% в России в 2021 году, современные инструменты и методы сортировки становятся необходимым элементом управления отходами для защиты окружающей среды и оптимизации производственных ресурсов [4].

Инновационные методы обработки и утилизации отходов на предприятиях в 2025 году значительно превосходят традиционные подходы по эффективности и экологичности. Среди ключевых инноваций выделяется плазменная газификация — процесс при сверхвысоких температурах свыше 4000 °C, обеспечивающий полное разложение отходов без образования токсичных выбросов. Полученный синтез-газ используется в энергетических установках, что совмещает утилизацию с производством энергии, резко уменьшая углеродный след предприятий.

Другим прорывом стала безотходная газификация в расплаве металла, позволяющая переработать широкий спектр материалов — от бытовых отходов до угля и торфа. Технология объединяет производство синтез-газа и электроэнергии, что обеспечивает универсальность и экономическую привлекательность для предприятий разных профилей. Этот метод способствует снижению объёмов захоронения и превращению «отходов» в полезное сырьё без вредных выбросов [5].

Переработка пищевых отходов получила развитие в биотехнологической сфере. Методы биоконверсии с применением микроорганизмов превращают органические остатки в кормовые добавки, а анаэробное перераживание обеспечивает производство биогаза и компоста. Эти процессы не только уменьшают объёмы отходов, но и создают возобновляемые энергетические ресурсы, закрывая цикл обращения с биоотходами и снижая экологическую нагрузку [6].

Пластиковые отходы сегодня утилизируются не только механическим измельчением и переплавкой, но и химической переработкой, восстанавли-

вающей исходные мономеры для создания новых полимеров. Это способствовало снижению потребности в первичных нефтехимических ресурсах и увеличению качества выпускаемой продукции.

Таким образом, применение новых технологий переработки и утилизации отходов существенно повышает устойчивость предприятий. Они снижают воздействие на окружающую среду, увеличивают экономическую отдачу от использования вторичных ресурсов и создают предпосылки для долгосрочного развития в условиях ограниченности природных ресурсов. Инновационные методы трансформируют традиционное понятие отходов в активы производства, что служит фундаментом современного экологически ответственного производства и основой перехода к циркулярной экономике.

Оптимизация процессов сбора и транспортировки промышленных отходов начинается с внедрения эффективной системы учёта и кадастра, что обеспечивает прозрачность движения отходов и подтверждение их передачи специализированным организациям. Документальное оформление допускает чёткое распределение ответственности и закрепляет право собственности на отходы, что важно для законного и контролируемого их обращения [7].

Комплексный подход к оптимизации сборочных и транспортных мероприятий включает учёт, развитие инфраструктуры накопления, выделение вторичных ресурсов, совершенствование логистики, а также стимулирование повторного использования отходов. Все это существенно повышает общую эффективность системы управления отходами, снижая эколого-экономические издержки производства и минимизируя воздействие на окружающую среду.

Таким образом, устойчивое управление отходами является неотъемлемой частью современного промышленного производства, способствующей снижению экологических рисков, повышению экономической эффективности и укреплению репутации предприятий на рынке. Внедрение инновационных решений и комплексный подход к контролю и взаимодействию создают предпосылки для формирования экологически безопасного и устойчивого промышленного сектора будущего.

Список литературы

1. Зачем нужен производственный контроль при обращении... [Электронный ресурс] // www.ecocentrp.ru - Режим доступа: <https://www.ecocentrp.ru/publications/proizvodstvennyi-kontrol-pri-obrashchenii-s-othodami/> (дата обращения: 01.10.2025)
2. Систер В.Г., Животов В.К., Коробцев С.В., Иванникова Е.М., Ямчук А.И. Инновационные технологии переработки отходов // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. №3 (17).

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-pererabotki-othodov>.

3. Как производители оптимизируют количество отходов [Электронный ресурс] // trends.rbc.ru - Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/cmrm/61f112ff9a7947eda63f72bb> (дата обращения: 02.10.2025)

4. Концепция обращения с твердыми бытовыми отходами... [Электронный ресурс] // normativ.kontur.ru - Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleid=1&documentid=231775> (дата обращения: 02.10.2025)

5. Мероприятия по охране окружающей среды на предприятии: что... [Электронный ресурс] // journal.sovcombank.ru - Режим доступа: <https://journal.sovcombank.ru/biznesu/ekologiya-na-predpriyatii-cto-nuzhno-sdelat-dlya-organizatsii-bezopasnosti> (дата обращения: 03.10.2025)

6. Министерство сельского хозяйства [Электронный ресурс] // kubsau.ru - Режим доступа: <https://kubsau.ru/upload/iblock/bc6/bc6bd2cc489ed17badf8693cc8ecce90.pdf>.

7. Модернизация отрасли обращения с промышленными отходами... [Электронный ресурс] // journal.ecostandard.ru - Режим доступа: <https://journal.ecostandard.ru/eco/keysy/modernizatsiya-otrasli-obrashcheniya-s-promyshlennymi-otkhodami-tsifrovaya-rol-feo/> (дата обращения: 04.10.2025)

References

1. Why is industrial control necessary when handling... [Electronic resource] // www.ecocentr.ru - Access mode: <https://www.ecocentr.ru/publications/proizvodstvennyi-kontrol-pri-obrashchenii-s-othodami/> (date of access: 01.10.2025)

2. Sister V.G., Zhivotov V.K., Korobtsev S.V., Ivannikova E.M., Yamchuk A.I. Innovative waste processing technologies // Bulletin of the Moscow State Technical University MAMI. 2013. No. 3 (17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-pererabotki-othodov>.

3. How Manufacturers Optimize Waste Amounts [Electronic resource] // trends.rbc.ru - Access mode: <https://trends.rbc.ru/trends/green/cmrm/61f112ff9a7947eda63f72bb> (accessed: 02.10.2025)

4. The concept of solid municipal waste management... [Electronic resource] // normativ.kontur.ru - Access mode: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleid=1&documentid=231775> (accessed: 02.10.2025)

5. Environmental protection measures at the enterprise: what... [Electronic resource] // journal.sovcombank.ru - Access mode: <https://journal.sovcombank.ru/biznesu/ekologiya-na-predpriyatii-cto-nuzhno-sdelat-dlya-organizatsii-bezopasnosti> (date of access: 03.10.2025)

6. Ministry of Agriculture [Electronic resource] // kubsau.ru - Access mode: <https://kubsau.ru/upload/iblock/bc6/bc6bd2cc489ed17badf8693cc8ecce90.pdf>.

7. Modernization of the industrial waste management industry... [Electronic resource] // journal.ecostandard.ru - Access mode: <https://journal.ecostandard.ru/eco/keysy/modernizatsiya-otrasli-obrashcheniya-s-promyshlennymi-ot-khodami-tsifrovaya-rol-feo/> (date of access: 04.10.2025)