

УДК 621.316

БЕЛИКОВА П.В., студент гр. ГБб-251 (КузГТУ)
Научный руководитель ИГНАТОВА А.Ю., к.б.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ КАК АСПЕКТ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Рост объемов отходов в условиях интенсивной урбанизации и развития промышленных процессов представляет серьезную угрозу безопасности жизнедеятельности. Неэффективное управление отходами приводит к распространению загрязнений воздуха, почвы и воды, что негативно сказывается на здоровье населения и состоянии окружающей среды. Современные города сталкиваются с необходимостью внедрения новых технологий и методов, позволяющих не только снизить объемы отходов, но и улучшить процессы их переработки и утилизации.

В современных условиях традиционные методы сбора и обработки отходов часто оказываются недостаточно эффективными. Механическое захоронение на полигонах способствует накоплению опасных веществ в экосистемах, а сжигание без соответствующих технологий вызывает выбросы токсичных газов. Это обуславливает поиск инновационных решений в области разделения мусора, что позволяет повысить качество вторичного сырья и минимизировать количество поступающих на свалки материалов. Внедрение систем селективного сбора отходов становится одним из приоритетных элементов устойчивого управления.

Дальнейшее развитие систем управления отходами после успешных практик, реализованных в мировых и российских городах, требует комплексного подхода, учитывающего не только технические инновации, но и системное изменение моделей управления и общественного участия. Важность этого этапа обусловлена тем, что российская отрасль переработки отходов находится на начальной стадии развития: перерабатывается около 4% отходов, а основная масса по-прежнему захоронена на полигонах, занимающих порядка 4 миллионов гектар, что эквивалентно площади нескольких государств [5]. Это создаёт значительную экологическую нагрузку и требует внедрения более эффективных решений.

Одним из ключевых направлений будущего развития станет масштабное расширение цифровизации и интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в процессы обращения с отходами. Использование ИИ позволит прогнозировать образование отходов с учётом сезонных, социальных и экономических факторов, оптимизировать логистику, улучшать сортировку и переработку материалов за счёт интеллектуального анализа данных и автоматического выявления ценных фракций. Кроме того, развитие роботизированных систем и беспилотных средств позволит существенно снизить человеческий фактор, повысить безопасность работы на опасных объектах утилизации и минимизировать операционные издержки [7].

Современные платформы управления отходами, объединяющие IoT-устройства, системы облачного хранения данных и блокчейн-технологии, будут способствовать прозрачности процессов и созданию единой информационной среды между муниципалитетами, предприятиями переработки и населением. Это создаст возможности для более гибкого регулирования, контроля качества услуг, а также для формирования экономических стимулов и новых бизнес-моделей в отрасли. Развитие цифровых экосистем позволит интегрировать множество участников, включая малый и средний бизнес, что будет стимулировать инновации и конкуренцию.

Особое значение приобретёт рост роли общественных инициатив и активного вовлечения населения в процессы сортировки и переработки. Наращивание экологической культуры посредством образовательных программ, социального маркетинга и поддержки локальных проектов поможет преодолеть традиционно низкий уровень информированности и сформировать устойчивое экологическое поведение. Взаимодействие граждан с муниципальными службами через мобильные приложения и цифровые платформы открывает новые возможности для мотивации, контроля и повышения ответственности за экологическую обстановку [6].

Кроме того, перспективно развитие законодательства с акцентом на комплексное регулирование отрасли и формирование экономики замкнутого цикла, установленной указом Президента РФ с целями к 2030 году — 100% сортировки ТКО, сокращению захоронения до менее 50% и вовлечению в хозяйственный оборот не менее 25% отходов. Законодательные инициативы позволят привлекать инвестиции в инновационные проекты, создавать благоприятные условия для развития промышленной переработки и экологически чистых технологий, а также дисциплинировать участников рынка.

Инвестиции в инновационные и цифровые технологии, несмотря на высокие первоначальные затраты, окупаются за счёт снижения экологических платежей, расширения рынка вторсырья, создания рабочих мест и улучшения качества жизни населения. Экономический эффект дополняется значительным экологическим и социальным воздействием, способствуя устойчивому развитию урбанизированных территорий и снижению давления на природные ресурсы [6].

В последние десятилетия технологии управления отходами претерпевают кардинальные изменения, трансформируясь из традиционных методов в высокотехнологичные системы с использованием цифровых и биотехнологий. Внедрение Интернета вещей (IoT), машинного обучения и анализа больших данных позволяет создавать интеллектуальные системы, которые значительно повышают качество мониторинга и управления мусором. Такие решения способны предсказывать пиковые нагрузки на инфраструктуру, выявлять несанкционированные свалки и давать рекомендации по переработке отходов, становясь стандартом «умных» городов.

Автоматизация процессов управления отходами существенно снижает операционные расходы предприятий и городских служб. Оптимизация логистики при помощи цифровых алгоритмов позволяет экономить до 30% на маршрутах мусоровозов, сокращая количество пустых рейсов и тем самым снижая выбросы

парниковых газов. Кроме того, умные платформы повышают качество сортировки, перераспределяя ресурсы для переработки и уменьшая общее количество отходов, направляемых на полигоны. В России национальный проект «Экологическое благополучие» уже реализует более 295 современных объектов по обращению с отходами, нацеливаясь к 2030 году достичь 100% сортировки с использованием не менее четверти отходов как вторичного сырья.

Отдельное внимание уделяется инновациям в биотехнологической переработке органических отходов. В условиях растущей урбанизации эффективное обращение с биомассой становится важным инструментом снижения экологической нагрузки и получения возобновляемой энергии. Современные биореакторы и методы анаэробного сбраживания, оснащённые интеллектуальными системами управления, оптимизируют процессы разложения, уменьшая выбросы токсичных газов и позволяя извлекать биогаз и удобрения для сельского хозяйства. Такой подход интегрируется в экономику замкнутого цикла, превращая органические отходы в полезные продукты.

В технологическом спектре также выделяется плазменная газификация, использующая высокотемпературный процесс ($>4000^{\circ}\text{C}$) для преобразования твёрдых отходов в синтез-газ и минимизирующая образование вредных выбросов. Этот метод эффективен для утилизации сложных и смешанных отходов, включая пластик и медицинские материалы, обеспечивая тем самым высокий уровень экологической безопасности [6]. Интеграция таких термических технологий в производства позволяет не только утилизировать мусор, но и производить энергию, что важно в контексте роста энергетических потребностей городов.

Развитие цифровых экосистем не ограничивается лишь логистикой и обработкой данных. В Европе и Норвегии уже широко применяются IoT-датчики для контроля состояния контейнеров и отслеживания состава отходов, позволяя в реальном времени адаптировать стратегию сбора и сокращать воздействие на окружающую среду. Искусственный интеллект прогностически анализирует потребности и регулирует загрузку оборудования. К 2030 году ожидается, что около 62% операций по управлению отходами будет контролироваться роботизированными и AI-системами, превращая утилизацию мусора в полностью автоматизированный процесс.

Особое значение приобретают отечественные разработки, которые демонстрируются на специализированных выставках, таких как «ВэйстТэк». Например, оптические сканеры компании «Вингзби» из Екатеринбурга конкурируют на мировом рынке и улучшают качество сортировки на предприятиях. Эти разработки способствуют решению задач экономики замкнутого цикла — отходы перестают быть проблемой и становятся ресурсом для строительства и промышленного производства.

Мировой опыт применения интеллектуальных технологий и биотехнологий показывает, что они способны минимизировать количество отходов на полигонах, снизить выбросы парниковых газов и повысить качество вторичной продукции. Такие инновации стимулируют экономический рост, создают новые рабочие места и способствуют формированию высокого уровня экологической культуры у населения, что в конечном итоге повышает качество жизни [6].

В числе городов, успешно внедряющих современные методы управления отходами, выделяются Стокгольм, Сеул, Лондон, Барселона, Осло и российский город Сочи. В каждом из них реализации цифровых технологий и организационных инноваций позволили добиться значительных улучшений в эффективности сбора, сортировки и утилизации мусора.

В Стокгольме используют аналитику больших данных с более чем 500 000 точек сбора отходов, что дает возможность оптимизировать маршруты мусоровозов и уменьшить количество пустых рейсов. Сформированное единое коммунальное предприятие управляет основным парком техники, что повысило координацию и снизило операционные издержки. Такие меры позволили не только сократить затраты, но и уменьшить выбросы парниковых газов за счёт рационализации логистики [3].

Сеул внедрил смарт-ёмкости с солнечными панелями и встроенными компрессорами, которые увеличивают объём контейнеров в четыре раза, уплотняя отходы и автоматически сообщая о степени заполненности оператору. Это позволило снизить количество рейсов мусоровозов, повысить эффективность сбора и уменьшить углеродный след городской системы утилизации [2]. Кроме того, в Сеуле активно применяются цифровые платформы для взаимодействия жителей с коммунальными службами, что повышает вовлечённость населения в процесс сортировки отходов.

В Великобритании и Испании реализуются проекты по использованию интернета вещей для мониторинга наполненности контейнеров и управления вывозом ТБО. Мобильные приложения информируют пользователей о правилах сортировки, контейнерах и времени вывоза, а службы упрощают маршрутизацию техники, что снижает нагрузку на инфраструктуру и повышает качество сбора [4].

На перерабатывающих заводах в Норвегии внедрена автоматизированная система сортировки отходов, разделяющая поток на пищевые отходы, пластик, бумагу, стекло и металл. Высокая точность разделения предотвращает загрязнение вторсырья, что улучшает качество материалов и увеличивает процент их возврата в производственные циклы. Автоматизация минимизирует человеческий фактор и сокращает ошибки, повышая экологическую и экономическую эффективность производства [3].

В России городской опыт движения к цифровизации управления ТБО проявился в пилотных проектах с участием компании МТС. Созданы системы контроля вывозов с использованием платформ на базе ГЛОНАСС и мобильных приложений, что позволило автоматизировать договоры, учёт, отслеживание мусоровозов и оптимизировать графики вывоза на региональном уровне. Кроме того, предприниматель Дмитрий Давыдов предложил систему массового мониторинга чистоты с использованием видеокамер и привлечением граждан к фиксации нарушений и разделению штрафов, что обеспечит дополнительный контроль и дисциплину жителей [1].

Результативность таких практик проявляется в снижении объёмов отходов, направляемых на полигоны, повышении доли переработанных материалов до 50–70%, уменьшении выбросов загрязняющих веществ и улучшении санитарной

обстановки в городах. Вовлечённость населения и внедрение современных технологий способствуют созданию устойчивой системы управления отходами, уменьшающей негативное влияние на окружающую среду и повышающей качество жизни.

Таким образом, современные технологии управления отходами — от автоматизированных систем и цифровых алгоритмов до передовых биотехнологий и высокотемпературных методов — открывают новые горизонты в решении экологических и экономических задач. Они позволяют значительно повысить эффективность обращения с отходами, превратить мусор в ценный ресурс и создать предпосылки для устойчивого развития городов и регионов.

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: 20.10.2025).
2. Инновации мусорного сектора: фандоматы, датчики и умная... [Электронный ресурс] // trends.rbc.ru - Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ee9dc6c9a7947091ee27961> (дата обращения: 22.10.2025).
3. Как технологии помогают решать проблему с мусором в городах [Электронный ресурс] // media.mts.ru - Режим доступа: <https://media.mts.ru/business/197253-innovatsii-v-obraschenii-s-tbo> (дата обращения: 25.10.2025).
4. Лучшие решения по управлению отходами для... - Sigma Earth [Электронный ресурс] // sigmaearth.com - Режим доступа: <https://sigmaearth.com/ru/лучшие-решения-по-управлению-отходами-для-городских-территорий--позволяющие-преодолеть-кризис-отходов-21-го-века> (дата обращения: 25.10.2025).
5. Мусорная реформа в России 2025: закон, новости, новые... [Электронный ресурс] // www.kp.ru - Режим доступа: <https://www.kp.ru/family/ecology/musornaya-reforma/> (дата обращения: 01.11.2025).
6. Переработка отходов и инновации в управлении мусором. [Электронный ресурс] // studwork.ru - Режим доступа: <https://studwork.ru/spravochnik/nauchpop/pererabotka-othodov-i-innovacii-v-upravlenii-musorom-novye-tehno> (дата обращения: 04.11.2025).
7. Перспективы развития отрасли обращения с отходами в рамках... [Электронный ресурс] // resources.today - Режим доступа: <https://resources.today/pdf/11itor222.pdf>.