

УДК 332.36

РОЖКОВ Р. С., к.э.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»
(Финансовый университет)
г. Москва

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛЮ КАК ВАЖНЫЙ
АСПЕКТ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ**

Актуальность проблемы управления отходами обусловлена устойчивой тенденцией к росту их объемов. Ежегодно в России образуется порядка 70 млн тонн твердых коммунальных отходов (ТКО) с ежегодным приростом на 3%, при этом более 90% из них направляется на полигонное захоронение, что создает значительные экологические риски и социально-экономическую нагрузку [6]. В этой связи проблема обращения с отходами трансформируется из сугубо технической задачи утилизации в многозадачную проблему, связанную с устойчивым развитием регионов. Одним из ключевых инструментов ответа на этот вызов является цифровизация отрасли и внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ), способных повысить эффективность управления, сократить операционные издержки и минимизировать антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Искусственный интеллект представляется системным инструментом, который интегрируется на всех этапах жизненного цикла обращения с отходами. Его применение включает распознавание и сортировку мусора с использованием нейросетевых алгоритмов, обеспечивающих классификацию материалов и подвидов; прогнозирование динамики образования отходов и планирование загрузки объектов размещения на основе методов машинного обучения; оптимизацию логистических маршрутов транспортировки, что позволяет сократить пробег спецтехники и сопутствующие выбросы парниковых газов; а также мониторинг состояния инфраструктуры (контейнерных площадок и сортировочных линий) в режиме реального времени [2, с. 464-465]. Совокупность этих решений обеспечивает синергетический эффект. Они повышают прозрачность, точность и адаптивность всей системы управления отходами.

Внедрение интеллектуальных систем генерирует социальные, экологические и экономические эффекты. В социальной сфере ожидается создание до 50 тысяч высокотехнологичных рабочих мест в сфере ИТ и экотехнологий к 2030 году, а также повышение экологической грамотности и вовлеченности населения в практики раздельного сбора [9]. Экологические преимущества выражаются в потенциальном сокращении выбросов парниковых газов на 20–30%, увеличении доли отходов, направляемых в переработку, до 25–30%, и, как следствие, сокращении площадей, отводимых под полигоны.

Экономическая целесообразность подтверждается снижением операционных затрат на 15–20%, повышением рентабельности процессов переработки и возврата вторичных материальных ресурсов в хозяйственный оборот при сроке окупаемости соответствующих технологий от 3 до 7 лет [4].

Экономический эффект от внедрения технологий ИИ имеет выраженную региональную специфику, обусловленную плотностью населения, уровнем развития инфраструктуры, климатическими условиями и объемом генерируемых отходов. Прогнозируемые показатели для ряда субъектов Российской Федерации представлены в таблице 1.

Таблица 1. Экономический эффект внедрения ИИ в переработку ТКО в разрезе регионов России [8].

Регион	Снижение затрат на сортировку (%)	Оптимизация логистики (%)	Рост перерабатываемых отходов (%)	Срок окупаемости (лет)	Обоснование
Москва	28	22	35	3-4	Высокая плотность населения и развитая инфраструктура позволяют быстро масштабировать решения
Санкт-Петербург	25	20	32	4-5	Крупные перерабатывающие мощности, но более сложная логистика из-за географического положения
Татарстан	22	18	28	5-6	Успешный опыт пилотных проектов по автоматизации сортировки
Краснодарский край	20	15	25	6-7	Высокий туристический поток требует эффективных решений по утилизации отходов

Свердловская область	18	14	22	7-8	Крупные промышленные центры генерируют значительные объемы отходов
Новосибирская область	15	12	20	8-9	Потребность в оптимизации дальних маршрутов вывоза мусора
Республика Башкортостан	12	10	18	9-10	Средний уровень цифровизации требует дополнительных инвестиций
Ростовская область	10	8	15	10-12	Необходима модернизация существующих мусороперерабатывающих комплексов
Республика Алтай	5	4	8	12-15	Низкая плотность населения и отсутствие инфраструктуры
Забайкальский край	4	3	5	15+	Сложные климатические условия и удаленность от центральных регионов

Технологический фундамент указанных преобразований составляют конкретные решения. Нейронные сети, обученные на массивах данных в 5–10 тысяч изображений, демонстрируют точность распознавания отходов до 95%, включая сложные для идентификации материалы, такие как композитные пластики. Роботизированные сортировочные комплексы, оснащенные системами компьютерного зрения и манипуляторами, способны обрабатывать до 60 фракций в минуту, что существенно повышает производительность труда. Интеграция с технологиями Интернета вещей (IoT) через датчики заполнения и «умные» контейнеры позволяет оптимизировать графики вывоза отходов, предотвращая их переполнение. Дополняют эту экосистему интеллектуальные пункты приема (фандоматы), которые, мотивируя население бонусными

механизмами, формируют поведенческие модели, соответствующие принципам «умного города» [5].

В Российской Федерации уже сформировался ряд успешных кейсов. Компания Nevlabs (резидент «Сколково») разрабатывает роботизированных сортировщиков, которые способны заменять традиционные оптические сепараторы и снижать долю ручного труда на 90%, в том числе при работе со сложными фракциями. Компания «Большая Тройка» создала программно-аппаратный комплекс «Управление отходами», который с помощью методов математического моделирования и ИИ анализирует данные о транспортировке, полигонах и тарифах, предоставляя регионам инструмент для сквозного цифрового управления отраслью и оценки экономической эффективности [5].

Мировая практика, представленная такими компаниями, как AMP Robotics (США), ZenRobotics (Финляндия), Greyparrot (Великобритания) и Sadako Technologies (Испания), свидетельствует, что автоматизация и интеллектуализация процессов сортировки и логистики отходов считаются глобальным трендом. Российские разработки демонстрируют соответствие этому тренду и обладают значительным потенциалом для масштабирования [10].

Синергетическое влияние ИИ на общественное, природное и экономическое развитие регионов проявляется в стимулировании циркулярной экономики, росте инновационного потенциала (за счет привлечения инвестиций) и создании высокотехнологичных предприятий, а также в улучшении качества жизни населения вследствие оздоровления окружающей среды, в повышении эффективности бюджетных расходов и формировании новой экологической культуры.

Основными проблемами на пути массового внедрения ИИ остаются дефицит инвестиций и цифровой инфраструктуры в ряде регионов, нехватка квалифицированных кадров и в том числе отсутствие единых отраслевых стандартов [8]. Решение этих проблем возможно при развитии механизмов государственно-частного партнерства, создании региональных центров компетенций, интеграции образовательных модулей по ИИ и «зеленой» экономике в программы вузов, и, соответственно, при разработке стандартов «зеленого ИИ».

Исходя из целей национального проекта «Экологическое благополучие», Россия к 2030 году планирует обеспечить 100% сортировку и перерабатывать до 30% ТКО [7]. Достижение этих амбициозных показателей напрямую зависит от системного внедрения технологий искусственного интеллекта, которые способны обеспечить точность сортировки, прогнозирование, оптимизацию логистики, формирование новых рынков вторичного сырья и так далее.

Список литературы:

1. Башкатов, Д. А., Русинов, Р. А., Полулях, Л. А. Подходы к применению искусственного интеллекта для сортировки твердых отходов в России [Текст] / Д. А. Башкатов, Р. А. Русинов, Л. А. Полулях // Международный научно-исследовательский журнал. — 2025. — № 1(151). — С. 1-7.

2. Герасина, Е. В., М. А. Селина. Использование искусственного интеллекта в решении экологических проблем [Текст] / Герасина, Е. В., М. А. Селина. // Молодой ученый. — 2023. — № 46 (493). — С. 463-465.
3. Искусственный интеллект в управлении отходами: гармония технологии и экологии / [Электронный ресурс] // Яндекс Дзен : [сайт]. — URL: <https://dzen.ru/a/ZbE4VQnZCRuW1QS6> (дата обращения: 08.11.2025).
4. Искусственный интеллект: перспективы развития и внедрения в различные сферы жизни человека / [Электронный ресурс] // Молодой Ученый : [сайт]. — URL: <https://moluch.ru/archive/496/108623> (дата обращения: 08.11.2025).
5. Как нейросети помогают бороться с мусором в России / [Электронный ресурс] // Skolkovo : [сайт]. — URL: <https://sk.ru/news/kak-nejroseti-pomogayut-borotsya-s-musorom-v-rossii/> (дата обращения: 07.11.2025).
6. Меньше мусора: как в России формируется экономика замкнутого цикла / [Электронный ресурс] // РБК : [сайт]. — URL: <https://www.rbc.ru/society/29/09/2025/68d645e79a794710ed820b09> (дата обращения: 08.11.2025).
7. Национальный проект «Экология» / [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов экологии Российской Федерации : [сайт]. — URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/nr_ecology/ (дата обращения: 08.11.2025).
8. Оценка перспектив внедрения искусственного интеллекта в сферу переработки твердых отходов для региональной экономики / [Электронный ресурс] // fa.ru : [сайт]. — URL: <https://www.fa.ru/university/structure/university/uso/press-service/press-releases/otsenka-perspektiv-vnedreniya-iskusstvennogo-intellekta-v-sferu-pererabotki-tverdykh-otkhodov-dlya-r> (дата обращения: 08.11.2025).
9. Почему технологии изменят рынок труда в будущем: профессии и навыки 2030 года / [Электронный ресурс] // RG.RU : [сайт]. — URL: <https://rg.ru/2025/09/23/pochemu-tehnologii-izmeniat-rynok-truda-v-budushchem-professii-i-navyki-2030-goda.html> (дата обращения: 08.11.2025).
10. Сквозная автоматизация в сфере обращения с отходами / [Электронный ресурс] // АПРО : [сайт]. — URL: <https://big3.ru/products/apro/> (дата обращения: 08.11.2025).