

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ / METALLURGY OF FERROUS, NON-FERROUS AND RARE METALS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.72>

ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ

Научная статья

Башкатов Д.А.^{1,*}, Русинов Р.А.², Полулях Л.А.³

^{1,2,3} Национальный исследовательский технологический университет МИСиС, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (daan9[at]yandex.ru)

Аннотация

Искусственный интеллект (ИИ) имеет много неиспользованных возможностей и в настоящее время применяется во множестве других отраслей. Управление твердыми коммунальными отходами (ТКО) – это один из видов бизнеса, который использует технологии ИИ. Эффективное использование искусственного интеллекта в вопросах организации сортировки и переработки ТКО ускорит решение мусорной проблемы в мегаполисах.

Использование AI-технологий при сортировке отходов повышает качество твердых отходов получаемых на выходе, в том числе неорганических. Качество управления растет за счет роста скорости и точности, высокой гигиены и безопасности, а также использованию экономичных решений. Однако это возможно при наличии точных данных и существенных инвестиций в начале и в процессе эксплуатации, что может быть сложным для малого и среднего бизнеса.

В статье авторами сформулированы основные тезисы и рекомендации по стимулированию интеграции AI-технологий в сектор обращения с отходами. Рассмотрены примеры других стран применения в данной области искусственного интеллекта.

Ключевые слова: утилизация, бытовые отходы, искусственный интеллект, отдельный сбор, мусор.

APPROACHES TO APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SOLID WASTE SORTING IN RUSSIA

Research article

Bashkatov D.A.^{1,*}, Rusinov R.A.², Polulyakh L.A.³

^{1,2,3} National Research Technological University MISIS, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (daan9[at]yandex.ru)

Abstract

Artificial Intelligence (AI) has many unexploited opportunities and is now being applied to a multitude of other industries. Municipal solid waste (MSW) management is one business that utilises AI technologies. The effective use of artificial intelligence in the organization of sorting and recycling of solid waste will accelerate the solution of the rubbish problem in megalopolises.

The use of AI technology in waste sorting improves the quality of the solid waste output, including inorganic waste. The quality of management is enhanced through increased speed and accuracy, high hygiene and safety, and the use of cost-effective solutions. However, this is possible with accurate data and substantial investment at the beginning and during operation, which can be challenging for SMEs.

In the article, the authors formulate the main theses and recommendations to stimulate the integration of AI-technologies into the waste management sector. Examples of other countries of application of artificial intelligence in this area are reviewed.

Keywords: recycling, household waste, artificial intelligence, separate waste collection, rubbish.

Введение

Ускоренный рост городов, промышленный прогресс, обновление инфраструктуры, увеличение численности населения, рост количества потребляемых товаров и возросшая экономическая активность стали причиной постоянного увеличения количества твердых отходов. Это порождает необходимость поиска самых эффективных способов для их переработки и утилизации отходов в России, проблема особо актуальна в крупных городах [1]. Необходимая для всех этапов сбора, сортировки, доставки, переработки и утилизации инфраструктура не соответствует росту количества отходов. Последние оценки показывают, что образование твердых отходов возрастет с 2,01 миллиарда тонн в 2018 году до 3,40 миллиарда тонн в 2050 году [2]. Современные методы обращения с твердыми коммунальными отходами подразумевают захоронение на свалках, сжигание, компостирование и вторичную переработку. Такие способы являются причиной климатического кризиса и способствуют развитию множества проблем в сфере здравоохранения и охраны окружающей среды [3], [4]. Разумеется, что переработка бытовых отходов требует значительных финансовых затрат. А также является трудоемким процессом, так как переработка бытовых отходов включает в себя серьезные риски для здоровья работников коммунальных и сортировочных служб, которые непосредственно занимаются сбором и утилизацией этих отходов [5]. Совершенствование управления ТКО позволит снизить загрязнение окружающей среды и, в частности, земель на свалках, а также:

- 1) снизить на 50-80% объем бытовых отходов, которые подлежат захоронению;
- 2) уменьшить операционные затраты на менеджмент;
- 3) уменьшить расходы на эксплуатацию, утилизацию и сбор;

4) обеспечить повторное использование.

В наше время, когда вопросы переработки становятся всё более актуальными, ключевое значение приобретает процесс сортировки отходов. У каждого типа твердых отходов свои характеристики, они требуют специальных методов переработки, именно поэтому правильная сортировка наиболее важна. Так, отходы органического типа применимы для компостирования и анаэробного разложения. Для переработки пластика, металлов, бумаги и резины обязательны механические и термические методы, или даже химические способы обработки. Проблемы, такие как отсутствие привычки разделять отходы и нехватка инфраструктуры для их сбора, препятствуют эффективности сортировки отходов. Вторичная сортировка сырья на специализированных заводах возможна, но она может быть менее чистой, точной и прогнозируемой. При этом остается неиспользованным потенциал материалов для повторного применения. Для высококачественной переработки разного рода пластика критически важным становится достижение точности в сортировке, и в этом чрезвычайно помогают AI-технологии. Кроме того, ручная сортировка отходов несет в себе риски для гигиены и безопасности работников. Работа с различными типами отходов травмоопасна из-за осколков и металла, а также приводит к заболеваниям из-за контакта с загрязненными бытовыми и медицинскими отходами. Замена ручной сортировки отходов на автоматическую в сочетании с технологией искусственного интеллекта может значительно улучшить гигиену и безопасность в отрасли [6].

Цель исследования – определить наиболее эффективную AI-систему для сортировки ТКО, рассчитать стоимость ее внедрения на предприятии в РФ и сформировать список рекомендаций для успешного масштабирования данного опыта на других предприятиях России. Для этого необходимо решить ряд задач:

- выявить преимущества и недостатки применения искусственного интеллекта для сортировки твердых коммунальных отходов;
- исследовать экономическую составляющую данной технологии;
- изучить опыт внедрения такой технологии другими предприятиями.

Степень разработанности темы исследования. Развитие комплексного подхода в переработке ТКО в своих работах рассматривали Горбанев В. А., Николаева К. В., Баширов В. Д., Волынкина Е. П., Григорьев В. Н., Лавров В. В., Курсаева О. С.

Способы развития системы обращения с коммунальными отходами в РФ раскрыты в трудах Тагаевой Т. О., Гильмундинова В. М., Шубова Л. Я., Тараканова В. А. Григорьева В. А. и других.

Методология исследования

Теоретическая и методологическая основа работы представлена научными исследованиями отечественных и зарубежных ученых в области твердых коммунальных отходов, теорией устойчивого развития, концепцией загрязнения окружающей среды.

Методология работы базируется на системном подходе, методах научной абстракции, логического моделирования и экспертных оценок. Также использовались законы РФ, справочные, нормативные материалы и Постановления Правительства РФ.

В частности качественный аспект исследования сосредоточен на изучении конкретных примеров сортировочных предприятий, которые внедрили технологии искусственного интеллекта, проведя оптимизацию и адаптацию к своим специфическим производственным процессам. Такие кейсы дают детальное представление о решениях, которые оказались эффективными или неэффективными в различных промышленных условиях. Количественные методы же, например метод персонального анализа данных с помощью сводных таблиц предполагает сбор и анализ данных, связанных с расходами на внедрение AI технологии, ее эффективностью и воздействием на окружающую среду. Сочетание этих методов позволит провести комплексный анализ, учитывающий как практические реалии, так и теоретические основы сортировки твердых бытовых отходов.

Сравнительный анализ двух подходов по построению системы сортировки коммунальных отходов позволит выявить относительные преимущества и недостатки системы искусственного интеллекта по сравнению со стандартной системой ручной сортировки мусора. Примеры успешных и неуспешных решений послужат практическими примерами того, как различные способы внедрения AI-технологий могут быть реализованы в реальных промышленных условиях нашей страны.

Основные результаты

3.1. Применение искусственного интеллекта в управлении твердыми отходами с помощью технологий AMP Robotics

Благодаря росту вычислительной мощности машинное обучение становится применимо для решения широкого спектра задач. Роботизированные станки в совокупности с технологиями нейронных сетей образуют эффективный тандем, который эффективен в сортировке твердых коммунальных отходов за счет глубинного самообучения. Технологии искусственного интеллекта уже сегодня успешно применяются для переработки различных видов неорганических отходов, таких как: пластик, металлы, стекло, бумага и картон [7], [8].

На наш взгляд особо перспективными являются разработки компании AMP Robotics [3]. Организация специализируется не только на создании искусственного интеллекта (ИИ), но и на разработке и сборке самих роботизированных машин, то есть станков. В организации два основных направления: AMP Cortex – отвечает за технологии искусственного интеллекта и за роботов (станки). AMP Neuron – специализируется на технологиях для распознавания объектов.

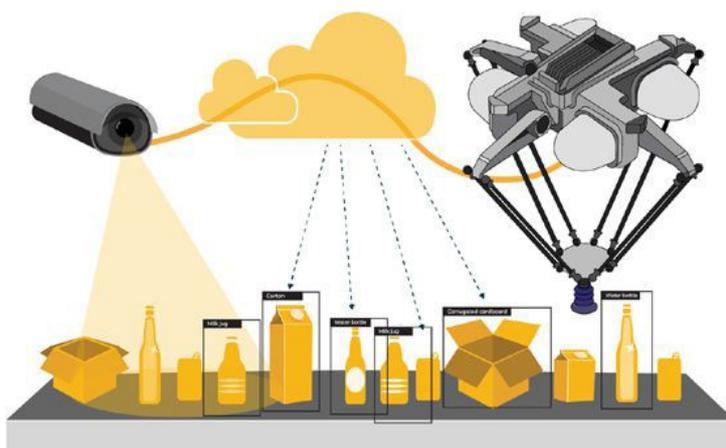


Рисунок 1 - Схема конвейера компании AMP Robotics

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.72.1>

Примечание: по ист. [3]

Cortex базируется на применении трех ключевых технологий (рис.1), которые служат «мозгом, глазами и руками» для выполнения задач по извлечению материалов с невероятной скоростью и высокой точностью. И что самое приятное, Cortex постоянно учится на собственном опыте, становясь все лучше и лучше. Платформа искусственного интеллекта Neuron поддерживает Cortex как «глаза» и «мозг» системы. Neuron применяет технологии машинного зрения и глубокого обучения для распознавания образов в реальном времени для идентификации материалов (рис. 2). Система достигает 97% точности сортируемого материала, опережая производительность конкурирующих технологий, таких как оптические сортировщики и технологии, использующие распознавание в ближнем инфракрасном диапазоне или гиперспектральные камеры [3].



Рисунок 2 - Искусственный интеллект идентифицирует отходы

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.72.2>

Neuron подключает роботов («руки системы») – для точной сортировки и сбора целевых материалов. Cortex использует робомашину в стиле Delta, у которого три руки, которые закреплены у основания корпуса, что обеспечивает точные и плавные движения. Роботы созданы из прочных материалов, они легко обслуживаются и очень гибкие в использовании. По сравнению с трудом человека,кратно растет эффективность сортировки отходов с точки зрения скорости, точности и экономичности. Сама платформа искусственного интеллекта постоянно обучается, чтобы определять материалы и их пригодность для вторичной переработки, распознавая различные цвета, текстуры, формы, размеры, узоры и фирменные этикетки [9]. Искусственный интеллект используется для инструктажа роботов в вопросах где брать и куда складывать вторсырье. Все это происходит со скоростью, намного превышающей скорость человека, и с такой точностью, которая противоречит способности людей работать без перерыва в течение всего рабочего дня.

3.2. Преимущества и недостатки

Технология искусственного интеллекта значительно улучшает физический процесс сортировки отходов. Использование искусственного интеллекта в тандеме с роботами значительно повышает скорость работы линий в сравнении с классическим способом (линейная и ручная сортировка человеком) [10], [11]. Собранные производителями оборудования агрегированная статистика и результаты предыдущих практических исследований подтверждают, что автолинии для переработки отходов с внедренными ИИ-функциями показывают в 2-3 раза более высокую эффективность по сравнению со стандартными способами и могут работать непрерывно в закрытом цикле. Точность таких систем при сортировке неорганических отходов может достигать до 98%. Нейросети уже продемонстрировали свою эффективность в сортировке коммунальных отходов, но ученые видят потенциал для улучшения их производительности и масштабирования этих алгоритмов в будущем [12].

По данным экспертов и литературных обзоров, применение ИИ также открывает новые возможности и преимущества, включая увеличение операционной эффективности и поддержку работников, сокращение затрат на охрану здоровья, а также уменьшение физических усилий [7], [16]. Сокращение прямого контакта с отходами значительно уменьшит риски для здоровья персонала на предприятиях.

Первоначальная стоимость линии для одной из этих роботизированных станций составляет от 24 000 000 до 29 000 000 рублей. Также существует плата за транспортировку и установку оборудования, которая составляет около 1-2 миллионов рублей. Опасения по поводу безопасности искусственного интеллекта и других развивающихся технологий рассеиваются благодаря АМР, которая предоставляет гарантию, техническое обслуживание и сервисные лицензии на свои программы. Преимуществ много, однако внедрение и адаптация системы будет иметь определенные ограничения и недостатки. Согласно данным экспертов, первые инвестиции в систему значительно не соответствуют финансовым возможностям малого и среднего бизнеса. А для внедрения требуется огромное количество точных данных, которые собираются в конкретно взятой области. На рынке большое разнообразие источников данных, но многие из них не так точны и надежны как требуется, что сильно влияет на изучение данных AI-системами. Чтобы платформа работала эффективно необходимы умы, которые разбираются как в управлении отходами, так и в IT [12]. В данной статье удалось рассчитать экономические затраты необходимые для внедрения системы на предприятии РФ.

Таблица 1 - Расчет стоимости внедрения системы на предприятии РФ

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.72.3>

Компонент затрат (кол-во / период)	Стоимость (₽)
Линия для роботизированной станции (3 ед.)	84 000 000
Роботизированные ИИ-станции (3 ед.)	66 000 000
Транспортировка линий и станций	2 000 000
Сервисные программы и лицензии ПО (в год)	6 000 000
Техническое обслуживание (в год)	5 000 000
Переобучение персонала	4 000 000
Сбор, очистка и аннотирование данных, необходимых для обучения моделей ИИ	21 000 000
Прочие расходы	2 000 000
Общие расходы	190 000 000

3.3. Возможности и вызовы

Способ сортировки ТКО с помощью искусственного интеллекта может эффективно заменить классическую систему. Обычно организации, занимающиеся переработкой отходов, осваивают новые технологии, поскольку сортировка отходов часто неэффективна. Так как сортировка отходов создает проблемы для здоровья работников [13], [14], организация должна разработать более эффективную схему работы, чтобы минимизировать заболеваемость среди рабочих.

Также следует отметить, что страны, находящиеся на пути развития и испытывающие острый дефицит в современных технологических решениях, сталкиваются с недостатком моделей или систем, которые могли бы адекватно решить проблему разделения отходов. Правительства этих государств проявляют интерес и готовность к финансированию инновационных проектов по управлению отходами, что важно для поддержания темпов экономического развития. Несмотря на наличие значительных перспектив, реализация проекта по созданию системы разделения твердых коммунальных отходов с использованием технологий AI сопровождается серьезными трудностями. Для успеха всей цепочки переработки обязательным условием является первичная сортировка отходов дома или на месте сбора. Нежелание работников или работодателей менять свои привычки в сфере разделения отходов может служить еще одним источником проблем. Апробирование такой системы в России потребует интеграции в общественные процессы и разработки всесторонних стратегий для улучшения ситуации с коммунальными отходами. Причиной неэффективной сортировки на централизованных полигонах в основном является плохое управление отходами на местах их возникновения [14], [16].

3.4. Кейсы применения

«Nara Recycling» и «Waste Services» – компании, которые предоставляют услуги по переработке отходов. Их основная проблема: работники сильно ограничены в своих возможностях обнаруживать и собирать все материалы для

вторичной переработки. Они не способны работать так быстро как это необходимо для эффективной работы организации с целью получения прибыли.

В сортировочных центрах была введена система состоящая из трех этапов (классификаторов) сортировки на основе ИИ. Такой способ стал более эффективным за счет того, что на каждом из этапов перерабатывался конкретный вид отходов. Это позволило повысить эффективность и точность, чего раньше не достигала отрасль. Важно отметить, что сотрудники не были уволены, а были переведены на другие этапы управления системой. Единственным условием является наличие качественных источников информации для корректного обучения такой AI-системы.

Завод по переработке отходов в округе Эммет, штат Мичиган, отправляет готовую продукцию на предприятия по переработке отходов (бумага, ПЭТ-пластик и т.д.). Также возникают проблемы со скоростью и точностью конвейера. Для строительства трех функциональных мусорных контейнеров потребовались инвестиции в размере около 800 000 \$. Благодаря использованию искусственного интеллекта рабочая нагрузка снизилась на 40%, а время обработки сократилось на 60%. При использовании AI количество отходов пригодных для вторичной переработки возросло на 10%, точность сортировки повышается при аналогичном объеме отходов, как и при переработке [16]. В данном случае продемонстрированы преимущества системы с точки зрения затрат, скорости и точности. Однако существует большое количество неразрешенных задач, одной из которых является проблема с персоналом, когда компания не может найти квалифицированных специалистов для этой системы.

Заключение

В результате исследования удалось определить наиболее эффективного и перспективного поставщика технологии — AMP Robotics. Удалось выявить преимущества и недостатки применения ИИ для сортировки твердых коммунальных отходов. Изучен практический опыт внедрения такой технологии на предприятиях. Также проведен расчет экономической составляющей внедрения данной технологии, прогнозная стоимость равна 190 000 000 Р.

Также на основе анализа опыта других стран составлен список общих рекомендаций, которые помогут внедрить эту систему в России:

В первую очередь, все цели и стратегии в области обращения с ТКО и оборудованием для их переработки должны разрабатываться системно. Для правильной эксплуатации AI систем следует организовать отдельный сбор и сортировку перед отправкой на сортировочный завод. Только внедрение комплексного процесса управления отходами снизит вероятность сопротивления сотрудников изменениям и повысит эффективность разделения отходов на месте их сбора [18]. На основе анализа двух кейсов было установлено, что в зарубежных странах правительство и местные власти создают эффективную закрытую систему, благодаря которой компании смогли качественно применить новые технологии. Для реализации этого подхода необходимо активное взаимодействие между бизнесом и государством в целях разработки процессов, в которые будут интегрированы новейшие технологические решения [19].

Необходимо проводить политику по обучению городских жителей надлежащему разделению отходов, чтобы способствовать формированию культуры разделения отходов [20]. Это поможет сократить количество отходов, образующихся в результате переработки. Множество государств уже достигли успеха в изменении мышления и взглядов своих жителей на предмет обращения с мусором [21]. Люди становятся осознаннее и соблюдают разного рода ограничения, которые необходимы для правильной и эффективной предварительной сортировки отходов на местах [22]. Широкое распространение станций сбора вторичной продукции, разработка системы сбора мусора, основанной на принципе сбора только предварительно отсортированных отходов, использование общественных мусорных баков и практика четкого разграничения отходов являются примерами культуры сортировки и отходов [23].

Разработка законодательной базы, стимулирующая внедрение новых технологий, особенно искусственного интеллекта и автоматизированных линий для предприятий. Правительство может финансировать малые и средние предприятия. Точечными мерами могут быть: снижение ставок по оборотным кредитам и кредитам на особых условиях, снижение импортных пошлин на инновационное оборудование и долгосрочные и среднесрочные инвестиции в предприятия, регламентируемые обязательствами с обеих сторон [26].

Следует уделять повышенное внимание обучению кадров. Повышение эффективности сотрудников может быть достигнуто через обучающие программы и повышение квалификации. Партнерство с ВУЗами также поможет обеспечить кадрами предприятия. Партнерство с правительством и экологическими организациями важно для получения от них информации, на основе которой ИИ-алгоритмы будут обучаться. В нашей стране множество часовых поясов и климатические условия отличаются поэтому структура отходов может отличаться, а следовательно сведения об отходах и фотографии отходов важны для настройки базы данных. Стоит уделять внимание организации конкурсов и грантов для стимулирования исследований в области искусственного интеллекта и переработки ТКО [24], [25].

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Solid Waste Management // World Bank. — URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management> (accessed: 01.09.2024).
2. Coskuner G. Application of artificial intelligence neural network modeling to predict the generation of domestic, commercial and construction wastes / G. Coskuner, M.S. Jassim, M. Zontul [et al.] // Waste Manag Res J Sustain Circ Econ. — 2021. — № 39 (3). — P. 499–507.
3. Artificial intelligence // AMP Robotics. — URL: <https://www.amrobotics.com/artificial-intelligence> (accessed: 03.09.2024).
4. Robotic system // AMP Robotics. — URL: <https://www.amrobotics.com/robotic-system> (accessed: 04.09.2024).
5. Malhotra M. Developing Countries Need New Solutions: Waste Management Rethought / M. Malhotra // Medium. — 2020. — URL: <https://medium.com/age-of-awareness/developingcountries-need-new-solutions-waste-managementrethought-8655717d20dd> (accessed: 04.09.2024).
6. Трешников С.Е. Мониторинг качественного состава ТБО на примере мусороперерабатывающего предприятия г.о. Тольятти / С.Е. Трешников, А.О. Гомоницкая // Технические науки — от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXI междунар. науч.-практ. конф. — Новосибирск, 2014. — № 2 (27). — С. 190–196.
7. Napa Recycling & Waste Services // AMP Robotics. — URL: <https://www.amrobotics.com/casestudies/naparecycling-waste-services> (accessed: 04.09.2024).
8. Emmet County // AMP Robotics. — URL: <https://www.amrobotics.com/casestudies/emmet-county> (accessed: 03.09.2024).
9. Bahraini A. Countries with the Most Interesting Waste Sorting Culture / A. Bahraini // Waste4Change. — 2018. — URL: <https://waste4change.com/blog/countries-interestingwaste-sorting-culture/> (accessed: 03.09.2024).
10. Клымчева Ю. Бизнес на мусоре / Ю. Клымчева // Анализ рынка контейнеров для ТБО в России / Megaresearch. — URL: <https://www.megaresearch.ru/> (дата обращения: 02.09.2024).
11. Абрамов В.В. Анализ состояния вторичной переработки пластмасс в России / В.В. Абрамов // Доклад на VII Конгрессе переработчиков пластмасс (г. Москва). — 2019. — № 61–62.
12. Трешников С.Е. Мониторинг качественного состава ТБО на примере мусороперерабатывающего предприятия г.о. Тольятти / С.Е. Трешников, А.О. Гомоницкая // Технические науки — от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXI междунар. науч.-практ. конф. — Новосибирск, 2014. — № 2 (27). — С. 190–196.
13. Бобович Б.Б. Управление отходами: учебное пособие / Б.Б. Бобович. — М. : Форум: Инфра-М, 2013. — 88 с.
14. Шевелева О.В. Российская система управления отходами: реформировать срочно / О.В. Шевелева // Твердые бытовые отходы. — 2013. — № 7. — С. 38–41.
15. Как меняются отношения человека и природы. — URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5e7a52849a79477d322a42e3> (дата обращения: 15.09.2024).
16. Confederation of European Waste-to-Energy Plants: Circular Economy 2035 Waste Treatment Gap — Detailed Explanations. — URL: <https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2019/07/CEWEP-residualwaste-calculation-explanations-final.pdf>. (accessed: 14.09.2024).
17. Волынкина Е.П. Инвентаризация полигонов и свалок ТБО в России и оценка их метанового потенциала / Е.П. Волынкина, Т.Н. Зайцева // Экология и промышленность России. — 2010. — № 1. — С. 30–31.
18. Горбанев В.А. Природопользование и устойчивое развитие / В.А. Горбанев // Вестник МГИМО университета. — 2013. — № 5. — С. 180–189.
19. Григорьев В.Н. Извлечение ресурсно-ценных отходов: совершенствование технологии / В.Н. Григорьев // Твердые бытовые отходы. — 2014. — № 2. — С. 34–38.
20. Кусраева О.С. Совершенствование управления системой рециклинга отходов : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 05.13.10 / Кусраева Олеся Славиковна ; С.-Петербург. гос. ун-т ГПС МЧС России. — 2009. — 22 с.
21. Лавров В.В. Формирование городской системы обращения с твердыми коммунальными отходами / В.В. Лавров // Вестник Российской академии естественных наук (Санкт-Петербург). — 2010. — № 3. — С. 82.
22. Гильмулиндов В.М. Институциональные реформы в сфере обращения с отходами / В.М. Гильмулиндов, Т.О. Тагаева // Институциональная трансформация экономики: ресурсы и институты (ИТЭРИ—2019) : материалы 6-й Междунар. науч. конф., Красноярск, 9–12 окт. 2019 г. — Красноярск : СФУ, 2019. — С. 26–27.
23. Тараканов В.А. Индустрия вторичного сырья: спрос и предложение / В.А. Тараканов // Твердые бытовые отходы. — 2014. — № 1. — С. 38–42.
24. Николаева К.В. Управление отходами производства и потребления: мировой опыт и российская практика / К.В. Николаева, А.А. Сагдеева, О.Н. Григорьева // Вестник Казанского технологического университета. — 2013. — Т. 16. — № 20. — С. 335–339.
25. Шубов Л.Я. Концепция управления твердыми бытовыми отходами / Л.Я. Шубов, А.К. Голубин, В.В. Девяткин [и др.]. — Москва : НИЦ по проблемам упр. ресурсосбережения и отходами, 2000. — 72 с.
26. Российская Федерация. Законы. О некоммерческих организациях : Федер. закон : [от 12 января 1996 г. № 7-ФЗ] // КонсультантПлюс — URL: www.consultant.ru (дата обращения: 11.10.2024).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Solid Waste Management // World Bank. — URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management> (accessed: 01.09.2024).
2. Coskuner G. Application of artificial intelligence neural network modeling to predict the generation of domestic, commercial and construction wastes / G. Coskuner, M.S. Jassim, M. Zontul [et al.] // Waste Manag Res J Sustain Circ Econ. — 2021. — № 39 (3). — P. 499–507.

3. Artificial intelligence // AMP Robotics. — URL: <https://www.amrobotics.com/artificial-intelligence> (accessed: 03.09.2024).
4. Robotic system // AMP Robotics. — URL: <https://www.amrobotics.com/robotic-system> (accessed: 04.09.2024).
5. Malhotra M. Developing Countries Need New Solutions: Waste Management Rethought / M. Malhotra // Medium. — 2020. — URL: <https://medium.com/age-of-awareness/developingcountries-need-new-solutions-waste-managementrethought-8655717d20dd> (accessed: 04.09.2024).
6. Treshnikov S.E. Monitoring kachestvennogo sostava TBO na primere musoropererabatyvajushhego predpriyatija g.o. Tol'jatti [Monitoring of the qualitative composition of MSW on the example of the waste processing enterprise of Togliatti] / S.E. Treshnikov, A.O. Gomonickaja // Tehnicheskie nauki — ot teorii k praktike: sb. st. po mater. XXXI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Technical Sciences – from theory to practice: collection of articles on Mater. XXXI International Scientific-practical Conf.] — Novosibirsk, 2014. — № 2 (27). — P. 190–196. [in Russian]
7. Napa Recycling & Waste Services // AMP Robotics. — URL: <https://www.amrobotics.com/casestudies/naparecycling-waste-services> (accessed: 04.09.2024).
8. Emmet County // AMP Robotics. — URL: <https://www.amrobotics.com/casestudies/emmet-county> (accessed: 03.09.2024).
9. Bahraini A. Countries with the Most Interesting Waste Sorting Culture / A. Bahraini // Waste4Change. — 2018. — URL: <https://waste4change.com/blog/countries-interestingwaste-sorting-culture/> (accessed: 03.09.2024).
10. Klymcheva Ju. Biznes na musore [Business in rubbish] / Ju. Klymcheva // Analiz rynka kontejnerov dlja TBO v Rossii [Analysis of the MSW container market in Russia] / Megaresearch. — URL: <https://www.megaresearch.ru/> (accessed: 02.09.2024). [in Russian]
11. Abramov V.V. Analiz sostojanija vtorichnoj pererabotki plastmass v Rossii [Analysis of the state of plastics recycling in Russia] / V.V. Abramov // Doklad na VII Kongresse pererabotchikov plastmass (g. Moskva) [Report at the VII Congress of Plastics Processors (Moscow)]. — 2019. — № 61–62. [in Russian]
12. Treshnikov S.E. Monitoring kachestvennogo sostava TBO na primere musoropererabatyvajushhego predpriyatija g.o. Tol'jatti [Monitoring of the qualitative composition of MSW on the example of the waste processing enterprise of Togliatti] / S.E. Treshnikov, A.O. Gomonickaja // Tehnicheskie nauki — ot teorii k praktike: sb. st. po mater. XXXI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Technical Sciences – from theory to practice: collection of articles on Mater. XXXI International Scientific and Practical Conference] — Novosibirsk, 2014. — № 2 (27). — P. 190–196. [in Russian]
13. Bobovich B.B. Upravlenie othodami: uchebnoe posobie [Waste management: a training manual] / B.B. Bobovich. — M. : Forum: Infra-M, 2013. — 88 p. [in Russian]
14. Sheveleva O.V. Rossijskaja sistema upravlenija othodami: reformirovat' srochno [Russian waste management system: reform urgently] / O.V. Sheveleva // Tverdye bytovye othody [Municipal Solid Waste]. — 2013. — № 7. — P. 38–41. [in Russian]
15. Kak menjajutsja otnoshenija cheloveka i prirody [How the relationship between man and nature is changing]. — URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5e7a52849a79477d322a42e3> (accessed: 15.09.2024). [in Russian]
16. Confederation of European Waste-to-Energy Plants: Circular Economy 2035 Waste Treatment Gap — Detailed Explanations. — URL: <https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2019/07/CEWEP-residualwaste-calculation-explanations-final.pdf>. (accessed: 14.09.2024).
17. Volynkina E.P. Inventarizacija poligonov i svalok TBO v Rossii i ocenka ih metanovogo potenciala [Inventory of landfills and solid waste dumps in Russia and assessment of their methane potential] / E.P. Volynkina, T.N. Zajceva // Jekologija i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia]. — 2010. — № 1. — P. 30–31. [in Russian]
18. Gorbanev V.A. Prirodopol'zovanie i ustojchivoe razvitie [Nature management and sustainable development] / V.A. Gorbanev // Vestnik MGIMO universiteta [Bulletin of MGIMO University]. — 2013. — № 5. — P. 180–189. [in Russian]
19. Grigor'ev V.N. Izvlechenie resursno-cennyh othodov: sovershenstvovanie tehnologii [Extraction of resource-valuable waste: technology improvement] / V.N. Grigor'ev // Tverdye bytovye othody [Municipal Solid Waste]. — 2014. — № 2. — P. 34–38. [in Russian]
20. Kusraeva O.S. Sovershenstvovanie upravlenija sistemoj reciklinga othodov [Improvement of waste recycling system management] : abst. dis. ... PhD in Economy : 05.13.10 / Kusraeva Olesja Slavikovna ; St. Petersburg State Univ. of Civil Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. — 2009. — 22 p. [in Russian]
21. Lavrov V.V. Formirovanie gorodskoj sistemy obrashhenija s tverdymi kommunal'nymi othodami [Formation of the urban system of solid municipal waste handling] / V.V. Lavrov // Vestnik Rossijskoj akademii estestvennyh nauk (Sankt-Peterburg) [Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences (Saint-Petersburg)]. — 2010. — № 3. — P. 82. [in Russian]
22. Gil'mundinov V.M. Institucional'nye reformy v sfere obrashhenija s othodami [Institutional reforms in the sphere of waste management] / V.M. Gil'mundinov, T.O. Tagaeva // Institucional'naja transformacija jekonomiki: resursy i instituty (ITJeRI—2019) : materialy 6-j Mezhdunar. nauch. konf., Krasnojarsk, 9–12 okt. 2019 g. [Institutional transformation of the economy: resources and institutions (ITERI-2019) : proceedings of the 6th International Scientific Conference, Krasnojarsk, 9-12 Oct. 2019] — Krasnojarsk : SFU, 2019. — P. 26–27. [in Russian]
23. Tarakanov V.A. Industrija vtorichnogo syr'ja: spros i predlozhenie [Secondary raw materials industry: demand and supply] / V.A. Tarakanov // Tverdye bytovye othody [Solid Domestic Waste]. — 2014. — № 1. — P. 38–42. [in Russian]
24. Nikolaeva K.V. Upravlenie othodami proizvodstva i potreblenija: mirovoj opyt i rossijskaja praktika [Production and consumption waste management: world experience and Russian practice] / K.V. Nikolaeva, A.A. Sagdeeva, O.N. Grigor'eva // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. — 2013. — Vol. 16. — № 20. — P. 335–339. [in Russian]

25. Shubov L.Ja. Konceptija upravljenija tverdymi bytovymi othodami [Solid Waste Management Concept] / L.Ja. Shubov, A.K. Golubin, V.V. Devjatkin [et al.]. — Moscow : SIC on the problems of resource and waste management, 2000. — 72 p. [in Russian]
26. Rossijskaja Federacija. Zakony. O nekommercheskih organizacijah [Russian Federation. Laws. On non-commercial organizations] : Federal law : [of 12 January 1996, No. 7-FZ] // Konsul'tantPljus [ConsultantPlus] — URL: www.consultant.ru (accessed: 11.10.2024). [in Russian]