

ГЕОЭКОЛОГИЯ / GEOECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.27>

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ В РОССИИ

Научная статья

Массеров Д.А.^{1,*}, Кирюшин А.В.², Вавилин Д.А.³, Храмова А.А.⁴, Кирюхин В.О.⁵, Шиляев И.И.⁶¹ORCID : 0000-0002-5076-2818;²ORCID : 0000-0001-7999-5669;³ORCID : 0009-0000-5776-6304;^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, Российская Федерация

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

Аннотация

Авторами проведен анализ системы управления сбором и переработкой твердых коммунальных отходов (ТКО) в России, с акцентом на экономические аспекты, технические условия переработки и возможности получения энергии из вторичных ресурсов. В статье подчеркивается важность финансовой устойчивости в индустрии переработки отходов и обсуждаются факторы, влияющие на качество и количество перерабатываемых материалов. Освещаются технические ограничения переработанных продуктов и их соответствие спецификациям первичных материалов. Также рассматриваются методы преобразования отходов в энергию, такие как производство биогаза. Сравнение с практиками в развитых странах показывает различия в подходах к сбору и переработке ТКО, что может служить основой для дальнейшего улучшения системы управления отходами в России.

Ключевые слова: переработка отходов, материалы, утилизация, раздельный сбор, захоронение, сжигание, энергия.

AN EVALUATION OF THE STATE OF THE MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN RUSSIA

Research article

Masserov D.A.^{1,*}, Kiryushin A.V.², Vavilin D.A.³, Khramova A.A.⁴, Kiryukhin V.O.⁵, Shilyaev I.I.⁶¹ORCID : 0000-0002-5076-2818;²ORCID : 0000-0001-7999-5669;³ORCID : 0009-0000-5776-6304;^{1, 2, 3, 4, 5, 6} National Research Mordovia State University, Saransk, Russian Federation

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

Abstract

The authors analyse the management system of municipal solid waste (MSW) collection and recycling in Russia, with a focus on economic aspects, recycling technical conditions and opportunities for energy recovery from secondary resources. The article emphasizes the importance of financial sustainability in the recycling industry and discusses factors affecting the quality and quantity of recyclables. The technical limitations of recycled products and their compliance with raw material specifications are highlighted. Waste-to-energy methods such as biogas production are also examined. Comparison with practices in developed countries demonstrates differences in approaches to collection and recycling of MSW, which can serve as a basis for further improvement of the waste management system in Russia.

Keywords: waste recycling, materials, utilization, separate collection, landfill, incineration, energy.

Введение

Известно, что уровень образования отходов на душу населения коррелирует с уровнем дохода, как на индивидуальном, так и на национальном или региональном уровнях. Уровень образования ТКО на душу населения в России достиг значения в 2022 г., близкого к 480 кг, в то время как в развитых странах Европы этот показатель вырос до 600 кг и в США до 800 кг [1].

По оценкам, за период 2019-2021 гг. в России уровень образования ТКО на душу населения варьировался от 411 до 471 кг при среднем уровне образования 441 кг. По статистике Росприроднадзора, в 2021 году было образовано 14,4 тыс. тонн отходов I класса опасности, 299,3 тыс. тонн – II класса, 25 млн тонн – III класса, 92,5 млн тонн – IV класса, более 8,3 млрд тонн – V класса [2].

При рассмотрении данного вопроса на уровне субъекта РФ, необходимо отметить, что, например, с 2011 года на территории Республики Мордовия успешно внедряется системы раздельного сбора отходов в местах их накопления. Стартовой площадкой для внедрения практики раздельного сбора стал городской округ Саранск. На 01 мая 2021 года на контейнерных площадках городского округа установлены контейнеры для вторсырья. Раздельным сбором охвачено 52% населения [3]. Таким образом, большая часть ТКО республики может быть подвержена утилизации, однако за 2021 год в Республике Мордовия было утилизировано всего 0,2% ТКО IV-V класса опасности, а 99,8% было захоронено [3].

Успех многих методов переработки зависит от разделения отходов у источника на «биоразлагаемые» и «прочие или смешанные» фракции. Разделение на биоразлагаемые и на другие фракции редко практикуется в России, и такие методы обработки, как компостирование, сжигание и производство биогаза в России, как правило, не используется. В

отличие от этого, разделение биоразлагаемых и неразлагаемых отходов является обычным явлением в развитых странах.

Цель исследования заключается в анализе структуры и эффективности управления обращением с отходами в России, выявлении тенденций формирования, накопления, утилизации и переработки коммунальных отходов с последующими рекомендациями для их улучшения и внедрения.

Методы и принципы исследования

Исследование опиралось на всесторонний анализ научной литературы, включающий как оригинальные исследования, так и обзорные статьи, опубликованные на русском и английском языках. Для оценки динамики показателей систем обращения с отходами в Республике Мордовия и других регионах России использовались официальные данные Федеральной службы государственной статистики [4], ежегодные отчеты региональных органов власти [5], территориальные схемы обращения с отходами [6], [7], [8], государственные доклады о состоянии окружающей среды [9], отчеты Федеральной службы по надзору в сфере природопользования за период с 2019 по 2022 год [10], а также справочные материалы и нормативно-правовые акты, актуальные на период с 2018 года по настоящее время.

При анализе и систематизации данных о системах обращения с отходами в России и Европейском союзе учитывались ключевые нормативно-правовые акты и программы в этой области. В России особое внимание уделялось национальному проекту «Экология», целью которого является увеличение доли твердых коммунальных отходов, направляемых на обработку и утилизацию. В Европейском союзе анализ основывался на таких документах, как Директива 2018/851, изменяющая Директиву 2008/98/ЕС «Об отходах», и Директива 2018/852, вносящая изменения в Директиву 94/62/ЕС «О упаковке и отходах упаковки» [1]. Для обеспечения всестороннего исследования применялся комплексный междисциплинарный подход, включающий экономический, экологический, аналитико-синтетический и статистический методы.

Основные результаты

1. Поскольку численность городского населения России увеличивается в среднем на 1,0% в год [14], общий уровень образования твердых отходов будет расти гораздо более высокими темпами. Сокращение источников образования отходов является важной частью комплексного управления ими и требует совместной работы всех заинтересованных сторон – жителей, предприятий и администрации.

2. Успех таких технологий, как компостирование, анаэробное сбраживание и сжигание, зависит от разделения источников на «биоразлагаемые» или «органические» и другие фракции. Это потребует проведения компаний по информированию населения и предприятий о необходимости такого разделения.

3. Учитывая высокую плотность населения, рост городского населения и объемов производства ТКО, санитарное захоронение отходов станет непомерно дорогим неэкологичным вариантом для страны в будущем. Неиспользованный потенциал ВЭР должен быть использован в полной мере, что означает, что инвестиции в виде финансовых и технических ресурсов для развития систем преобразования отходов в энергию необходимы для будущего.

Обсуждение

Главной задачей в эффективном управлении системой обращения с отходами является их сегрегация и переработка. Собранные отходы могут быть разделены либо у источника, либо на любом последующем этапе сбора или транспортировки. Как правило, домашние хозяйства и малые предприятия в России сортируют (или разделяют) отходы у источника. Все отходы, которые можно перерабатывать/продавать, такие как бумага, пластик, металл и стекло, продаются переработчикам отходов. С годами сформировалась большая, неформальная, но высокоорганизованная сеть перерабатывающих предприятий, что сделало этот метод утилизации высокоэффективным и финансово выгодным. Однако по мере роста уровня жизни эти финансовые стимулы становятся менее значительными, а во многих случаях больше не являются финансово жизнеспособными. Это приводит к тому, что в развитых странах переработка отходов в жилых районах остается добровольным делом без каких-либо финансовых стимулов.

Небольшое количество перерабатываемых материалов, которые остаются в отходах в России, собираются сборщиками на открытых свалках, а те, которые поступают на муниципальные перерабатывающие предприятия, сортируются вручную.

В развитых странах обычно проводится сегрегация у источника или на предприятиях по регенерации материалов на биоразлагаемые и небiorазлагаемые материалы.

Переработка различных материалов сдерживается несколькими основными экономическими факторами:

1. *Финансовая устойчивость.* Переработка различных отходов должна приносить достаточный доход, чтобы она оставалась устойчивым источником средств к существованию для тех, кто в ней участвует.

2. *Качество перерабатываемых материалов.* Еще одним экономическим вопросом является качество материалов, подлежащих переработке. Например, газетная бумага легче поддается переработке, т.е. дает большую денежную прибыль, по сравнению с журнальной бумагой. Газетная бумага производится путем физического измельчения древесных материалов, и в процессе не добавляются никакие химикаты. Журнальная бумага, с другой стороны, проходит через различные физические и химические процессы, где химические вещества, такие как отбеливатель, добавляются для придания ей белизны, а глиняные добавки добавляются для придания глянца после физической варки. Поэтому процент многократно используемой целлюлозы на единицу веса журнальной бумаги гораздо меньше по сравнению с газетной бумагой. Другими словами, после использования, качество и количество целлюлозы, получаемой из газетной бумаги, намного выше, чем из журнальной бумаги.

3. *Количество перерабатываемых материалов.* Количество перерабатываемых материалов должно быть достаточным для обеспечения долгосрочной финансовой жизнеспособности. Лучшим примером этого вопроса

является приём переработчиками в России принимать бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТ) и из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП). Отношение веса к объёму (удельный вес) ПЭТ гораздо меньше, чем у ПЭВП. Поэтому неизмельченные ПЭТ-бутылки занимают больше места (или объёма), чем они стоят с точки зрения веса материала, что может делать финансово непривлекательной их транспортировку в центры/предприятия по переработке.

Основной вопрос в индустрии переработки отходов – может ли переработанный продукт соответствовать спецификациям и конкурировать с продукцией, изготовленной из первичных материалов. Например, переработанный пластик не может использоваться для упаковки пищевых продуктов из-за наличия в нем пигментов и других добавок. Аналогично, переработанная бумага обычно ограничена в применении, поскольку ее нельзя использовать для печати и других высокотехнологических целей. Она обычно используется как бумага для художественных работ, для промокашек и для нескольких низкокачественных целей.

Одноразовые отходы собираются и хранятся дома для последующего вывоза муниципальными (или административными) властями или сдаются в большие общественные фургоны, контейнеры или урны. В России в 2021 году было направлено на утилизацию – 11,6% ТКО, на полигоны – 73,2%, а оставшиеся 15% оказались на нелегальных свалках [11]. На глобальном уровне страны с высоким уровнем дохода имеют высокую эффективность сбора мусора (>90%) и тратят менее 10% своих бюджетов на сбор ТКО. Большая часть их бюджетов ТКО расходуется на переработку и утилизацию. Для сравнения, в странах с низким и средним уровнем дохода эффективность сбора отходов ниже, а процент расходов на сбор ТКО выше и составляет от 50 до 90% от их бюджетов на утилизацию ТКО.

Отходы могут собираться в отдельных домохозяйствах у каждого дома или жители должны приносить свои отходы в большие общественные контейнеры, откуда региональный оператор организует их вывоз. Обе системы применяются как в развитых, так и в развивающихся странах. Первый метод возможен там, где жилые единицы представляют собой отдельные домохозяйства, в то время как последний применяется в районах с высокой плотностью населения, особенно в больших многоквартирных домах. Сбор отходов, как правило, осуществляется еженедельно или с большей частотой (желательно ежедневно или чаще), и хранение отходов становится неотъемлемой частью процесса сбора. Конструкция контейнеров для сбора отходов, их емкость и местоположение зависят от частоты уборки и обслуживаемого населения. Для отходов от крупных коммерческих, промышленных и строительных работ требуются системы раздельного сбора.

ТКО в городах собираются соответствующими муниципалитетами и вывозятся в специально отведенные места утилизации, которые часто представляют собой низменные участки на окраине города, без принятия каких-либо мер предосторожности или оперативного контроля. Большая часть ТКО, образующихся в России, неудовлетворительным образом утилизируется непосредственно на земле. Такая неадекватная практика утилизации приводит к проблемам, которые ухудшают здоровье людей и животных и приводят к экономическим и экологическим потерям. Такие примеры можно увидеть почти в каждом городе страны. Ограниченные бюджеты, выделяемые муниципалитетам, не позволяют им покрывать большие расходы, связанные со сбором, хранением, переработкой и надлежащей утилизацией ТКО. В результате значительная часть образующихся ТКО остается без присмотра в плохо обслуживаемых центрах сбора. Выбор места утилизации в большей степени зависит от того, что доступно, а не от того, что подходит.

Отходы, собранные из контейнеров или домашних баков, затем передаются и транспортируются на центральные объекты, где могут быть применены соответствующие методы переработки или обработки. В развитых странах перегрузочные станции часто совмещены с предприятиями по регенерации материалов, где различные компоненты отходов разделяются и продаются для вторичной переработки.

В крупных городских районах могут потребоваться перегрузочные станции для повышения эффективности сбора и затрат. Отходы из общественных контейнеров и индивидуальных домов обычно собираются небольшими автомобилями и сдаются на перегрузочные станции. На перегрузочных станциях смешанные отходы могут быть разделены и отправлены либо на дальнейшую переработку, либо непосредственно на полигоны.

Разделенные материалы могут включать вторсырье, такое как бумага, пластик и металлы, которые могут быть переработаны и преобразованы для производства новых продуктов, для чего требуются отдельные объекты. Компостирование органической фракции ТКО часто осуществляется либо на станциях передачи, либо на полигонах.

В большинстве крупных мегаполисов России созданы муниципальные предприятия по переработке твердых отходов. В Мордовии в этом направлении проводится большая работа в рамках реализации федерального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами» нацпроекта «Экология». Современный объект обработки твердых коммунальных отходов (ТКО) мощностью 180 тысяч тонн построят до конца 2024 года в Лямбирском районе Мордовии. Предполагается, что на объекте будет обрабатываться 75% ТКО, образующихся на территории республики.

При создании этих предприятий особое внимание уделялось созданию технически и финансово самодостаточных предприятий. Существует несколько методов переработки ТКО, которые в обобщенном виде представлены в табл. ТКО в России, особенно если они несегрегированы, имеют тенденцию к низкому содержанию органических веществ и сильно варьируют по содержанию влаги в зависимости от погодных условий. Например, образцы, собранные из открытых контейнеров осенью, имеют очень высокое содержание влаги, а образцы, собранные в другие сезоны, могут не иметь высокого содержания влаги.

Таблица 1 - Возможные варианты переработки различных видов ТКО

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.27.1>

	Низкое содержание влаги	Высокое содержание влаги
--	-------------------------	--------------------------

Низкое содержание органики	Захоронение	Компостирование
Высокое содержание органики	Сжигание	Биогаз или биотопливо

Для отходов с низким содержанием органических веществ и влаги единственным вариантом является захоронение. Это относится к отходам, состоящим преимущественно из инертных материалов, таких как почва. Для отходов с высоким содержанием органики и влаги наилучшей стратегией переработки является получение биогаза или биотоплива, поскольку эти два фактора необходимы для биологической переработки, особенно в анаэробных условиях. Отходы с относительно низким или средним содержанием органических веществ, но высоким содержанием влаги лучше всего компостировать в аэробных условиях, в то время как отходы с низким содержанием влаги, но высоким содержанием органических веществ можно сжигать или сжигать в контролируемых условиях.

Наиболее популярными методами переработки в России должны стать компостирование и вермикомпостирование. На каждые 100 кг сырья (смешанных ТКО), используемого для компостирования, образуется 6,5 кг компоста. В России планируется создать не менее 243 компостных заводов к 2030 году. По оценкам РЭО, повсеместное применение компостирования позволит снизить объем захоронения на 20%, или на более чем 11 млн тонн отходов [12]. Экологичный вектор развития имеет Республика Мордовия, в которой проводится государственная экспертиза проектно-сметной документации Межмуниципального полигона № 1 с линией компостирования органической фракции ТКО и Мусоросортировочной станции № 1 в Краснослободском районе [3]. Компост, полученный из смешанных ТКО, имеет низкое качество и содержит токсичные тяжелые металлы в концентрациях, превышающих допустимые.

Основной глобальной тенденцией является использование методов переработки для утилизации ТКО. Методы преобразования ТКО включают процессы получения энергии из вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) или полезных конечных продуктов, таких как компост. В период растущих энергетических потребностей и высокой стоимости энергии ВЭР представляет собой дополнительный возобновляемый источник энергии, который является углеродно-нейтральным или приводит к сокращению выбросов парниковых газов. Отходы могут быть преобразованы в энергию химическим или биологическим путем.

Химические методы ВЭР включают сжигание или сжигание, газификацию и пиролиз, где целями утилизации ТКО являются снижение веса или объема образующихся отходов и получение энергии или других продуктов преобразования.

Сжигание осуществляется путем подачи избыточного кислорода или воздуха (исходя из стехиометрических требований), газификация – путем подачи воздуха или кислорода, а пиролиз - в отсутствие воздуха. Сжигание может уменьшить объем ТКО на 80-90% в зависимости от природы исходного материала, а энергия может быть использована в виде электричества или пара. Это способ переработки отходов в энергию, который успешно используется во многих странах для управления твердыми бытовыми отходами и становится все более популярным. Однако долгосрочный успех в условиях России не был доказан, в основном из-за необходимости и отсутствия оборудования для контроля загрязнения воздуха. Минимальная теплотворная способность, рекомендуемая для ВЭР на основе сжигания, составляет 1790 кал/г. Однако смешанные ТКО в России обычно имеют низкую теплотворную способность (в среднем 1751 кал/г) и высокое содержание влаги (в среднем 47%), что делает сжигание или мусоросжигание трудным предложением [13]. С другой стороны, в европейских странах, где земли становятся все меньше, эта стратегия становится все более популярной. Затраты на сжигание оцениваются в 3 раза выше, чем на захоронение отходов, что делает захоронение отходов наиболее предпочтительным вариантом даже в развитых странах, где земельные площади все еще доступны [13].

В результате газификации получается полезное топливо – синтетический газ, который представляет собой комбинацию H_2 и CO с небольшим количеством метана и углекислого газа. Пиролиз может быть использован для получения пиролизного масла или газа, сходного по составу с син-газом. Целевыми показателями развития отрасли обращения с ТКО в России предусматривается повышение доли переработки отходов путем сжигания не утилизируемого остатка отходов с получением энергии с 2% в 2019 г. до 24% в 2026 г. [8].

Методы преобразования отходов в энергию, такие как производство биогаза, применимы только к сельскохозяйственным и пищевым отходам и не имеют коммерческого успеха в отношении смешанных твердых бытовых отходов, главным образом, из-за отсутствия разделения в источнике. По оценкам, один кубический метр биогаза может быть преобразован в 1,5 кВт электроэнергии [8].

После переработки большей части отходов и получения компоста или энергии оставшиеся материалы подлежат захоронению. В Нидерландах принята стратегия переработки и утилизации, включающая рециклинг, компостирование и переработку отходов в энергию, так что количество ТКО, направляемых на захоронение, практически равно нулю. Отходы могут быть повторно использованы, переработаны, сожжены или захоронены. Последние два варианта являются окончательными вариантами утилизации, причем зола от процесса сжигания также требует захоронения на полигоне. В такой стране, как Россия, где имеется много свободной земли, захоронение отходов на полигонах является предпочтительным методом утилизации отходов. Однако более глубокое понимание и осознание неэкологичности захоронения отходов приводят нашу страну отказываться от этого метода, что привело к значительному сокращению количества свалок за последние несколько лет.

Заключение

Эффективность системы переработки ТКО в России зависит от экономической выгоды и технической осуществимости процессов. Необходимо учитывать финансовые стимулы для участников рынка и обеспечивать соответствие переработанных материалов техническим стандартам, чтобы поддерживать устойчивость и эффективность системы управления отходами.

В целом, очевидно, что образование твердых отходов во всем мире растет в геометрической прогрессии из-за увеличения численности населения и роста потребления ресурсов на душу населения. В то время как развитые страны имеют достаточно устойчивую инфраструктуру для обращения с этими видами отходов, менее развитым странам предстоит пройти долгий путь. Поиск технологий переработки отходов в сырье для углеродно-нейтральных процессов и решений остается глобальной задачей.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Клепиков О.В., Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, Воронеж, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.27.2>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Klepikov O.V., Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, Military Training and Research Center of the Air Force Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, Voronezh, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.27.2>

Список литературы / References

1. Eurostat Statistics Explained. — 2022. — URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics (accessed: 24.04.2024).
2. Шувалова М. Реформа системы обращения с отходами I и II классов опасности: текущее состояние / М. Шувалова // ГАРАНТ.РУ. Информационно-правовой портал. — 2022. — URL: <https://www.garant.ru/article/1583903/> (дата обращения: 25.04.2024).
3. Территориальная схема обращения с отходами Республики Мордовия // Официальный портал органов государственной власти Республики Мордовия. — 2022. — URL: <https://e-mordovia.ru/upload/iblock/92d/9zh0dtaXu9ueteema0nfsy8k2vjgfw/Territorialnaya-skema-obrashcheniya-s-otkhodami-Respubliki-Mordoviya-2022-g..pdf> (дата обращения: 23.04.2024).
4. Официальная статистика «Окружающая среда» // Федеральная служба государственной статистики. — 2022. — URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 23.04.2024).
5. Паспорт национального проекта «Экология» // Официальный сайт правительства Российской Федерации. — 2019. — URL: <http://government.ru/info/35569/> (дата обращения: 25.04.2024).
6. Гладун В. Д. Эколизинг в конвергентном рециклинге отходов производства / В. Д. Гладун, А. А. Бабукова // Успехи современного естествознания. — 2023. — № 1. — С. 26–31.
7. Никанорова А. А. Анализ управления потоками отходов в странах региона Балтийского моря / А. А. Никанорова, А. Б. Манвелова // Успехи современного естествознания. — 2023. — № 5. — С. 33–41.
8. Потравный И. М. Энергетическая утилизация твердых коммунальных отходов в контексте низкоуглеродного развития / И. М. Потравный, Д. Баах // Управленческие науки. — 2021. — № 11(3). — С. 6–22. DOI: 10.26794/2404-022X-2021-11-3-6-22
9. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году» // Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. — 2022. — URL: <https://2022.ecology-gosdoklad.ru/doklad/o-doklade/> (дата обращения: 24.04.2024).
10. Фактические значения показателей федерального проекта «Комплексная система обращения с ТКО» // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. — 2022. — URL: <https://trn.gov.ru/> (дата обращения: 23.04.2024).
11. Утилизация отходов достигла 11,9% по итогам 2022 года // Российский экологический оператор. — 2023. — URL: <https://geo.ru/tpost/66gx4a2k21-utilizatsiya-othodov-dostigla-119-po-ito> (дата обращения: 23.04.2024).
12. РЭО дал рекомендации по утилизации отходов после Нового года // Российский экологический оператор. — 2022. — URL: <https://geo.ru/tpost/uhir1i2db1-geo-dal-rekomendatsii-po-utilizatsii-oth> (дата обращения: 23.04.2024).
13. Владимиров Я. А. Методические вопросы энергетического использования твердых коммунальных отходов и продуктов их газификации / Я. А. Владимиров, Л. В. Зысин // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. — 2018. — № 1. — С. 5–16. DOI: 10.18721/JEST.240101
14. Главное о демографии городов России // Аналитический центр Москвы. — 2022. — URL: <https://ac-mos.ru/analytics/demography/> (дата обращения: 24.04.2024).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Eurostat Statistics Explained. — 2022. — URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics (accessed: 24.04.2024).
2. Shuvalova M. Reforma sistemy obrascheniya s othodami I i II klassov opasnosti: tekuschee sostojanie [Reform of the system of hazard class I and II waste management: current status] / M. Shuvalova // ARANT.RU. Informacionno-pravovoj portal [GARANT.RU. Legal Information Portal]. — 2022. — URL: <https://www.garant.ru/article/1583903/> (accessed: 25.04.2024). [in Russian]
3. Territorial'naja shema obrascheniya s othodami Respubliki Mordovija [Territorial Waste Management Scheme of the Republic of Mordovia] // Official portal of public authorities of the Republic of Mordovia. — 2022. — URL: <https://e->

mordovia.ru/upload/iblock/92d/9zh0dtaxu9uerteema0nfsy8k2vjgf0w/Territorialnaya-skHEMA-obrashcheniya-s-otkhodami-Respubliki-Mordoviya-2022-g..pdf (accessed: 23.04.2024). [in Russian]

4. Ofitsial'naja statistika «Okruzhajushchaja sreda» [Official «Environment» statistics] // Federal State Statistical Service. — 2022. — URL: <https://rosstat.gov.ru/> (accessed: 23.04.2024). [in Russian]

5. Pasport natsional'nogo proekta «Ekologija» [Passport of the national project «Ecology»] // Oficial'nyj sajt pravitel'stva Rossijskoj Federacii [Official website of the Government of the Russian Federation]. — 2019. — URL: <http://government.ru/info/35569/> (accessed: 25.04.2024). [in Russian]

6. Gladun V. D. Ekolizing v konvergentnom retsiklinge othodov proizvodstva [Eco-leasing in convergent recycling of production waste] / V.D. Gladun, A.A. Babukova // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya [Advances in modern natural science]. — 2023. — № 1. — P. 26–31. [in Russian]

7. Nikanorova A. A. Analiz upravlenija potokami othodov v stranah regiona Baltijskogo morja [Analysis of waste flows management in the countries of the Baltic Sea Region] / A. A. Nikanorova, A. B. Manvelova // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya [Advances in Modern Natural Science]. — 2023. — № 5. — P. 33–41. [in Russian]

8. Potravnyj I. M. Energeticheskaja utilizatsija tverdyh kommunal'nyh othodov v kontekste nizkouglerodnogo razvitija [Energy recovery of municipal solid waste in the context of low-carbon development] / I.M. Potravnyj, D. Baah // Upravlencheskie nauki [Management Sciences in Russia]. — 2021. — № 11(3). P. 6–22. DOI: 10.26794/2404-022X-2021-11-3-6-22 [in Russian]

9. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okruzhajuschej sredy Rossijskoj Federatsii v 2022 godu» [State Report «On the State and Environmental Protection of the Russian Federation in 2022»] // Oficial'nyj sajt Ministerstva prirodnyh resursov i jekologii Rossijskoj Federacii [Official website of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation]. — 2022. — URL: <https://2022.ecology-gosdoklad.ru/doklad/o-doklade/> (accessed: 24.04.2024). [in Russian]

10. Fakticheskie znachenija pokazatelej federal'nogo proekta «Kompleksnaja sistema obraschenija s TKO» [Actual values of the indicators of the federal project «Integrated system of TKO handling»] // Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere prirodopol'zovanija [Federal Service for Supervision of Natural Resources Management]. — 2022. — URL: <https://rpn.gov.ru/> (accessed: 23.04.2024). [in Russian]

11. Utilizatsija othodov dostigla 11,9% po itogam 2022 goda [Waste utilization reaches 11,9% by the end of 2022] // Rossijskij jekologicheskij operator [Russian Ecological Operator]. — 2023. — URL: <https://reo.ru/tpost/66gx4a2k21-utilizatsiya-othodov-dostigla-119-po-ito> (accessed: 23.04.2024). [in Russian]

12. REO dal rekomendatsii po utilizatsii othodov posle Novogo goda [The REO has given advice on waste disposal after the New Year] // Rossijskij jekologicheskij operator [Russian Ecological Operator]. — 2022. — URL: <https://reo.ru/tpost/uhir1i2db1-reo-dal-rekomendatsii-po-utilizatsii-oth> (accessed: 23.04.2024). [in Russian]

13. Vladimirov Ja. A. Metodicheskie voprosy energeticheskogo ispol'zovanija tverdyh kommunal'nyh othodov i produktov ih gazifikatsii [Methodical issues of energy utilization of solid municipal wastes and their gasification products] / Ja. A. Vladimirov, L. V. Zysin // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki [Scientific and Technical Vedomosti SPbPU. Natural and Engineering Sciences]. — 2018. — № 1. — P. 5–16. DOI: 10.18721/JEST.240101 [in Russian]

14. Glavnoe o demografii gorodov Rossii [The main thing about the demography of Russian cities] // Analiticheskij centr Moskvy [The Analytical Center of Moscow]. — 2022. — URL: <https://ac-mos.ru/analytics/demography/> (accessed: 24.04.2024). [in Russian]