

Обзорная статья

УДК 658.567.1

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-112-122

Проблемы и перспективы технологий утилизации отходов овощей и фруктов

Кирилл Игоревич Коптелов^{✉1}, Елена Давидовна Горячева²,
Ксения Сергеевна Кузнецова³

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, Москва, Россия, 125080

^{✉1}kkoptelov18@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8111-463X>

²goryacheva.55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7526-6503>

³kuznetsovaks@mgupp.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2344-4025>

Аннотация. Отходы овощей и фруктов составляют значительную долю от общей массы пищевых отходов не только в России, но и во всем мире. В настоящее время основная масса отходов овощей и фруктов исключается из оборота путем их захоронения на полигонах, что экономически не выгодно и негативно влияет на окружающую среду. Целью данного исследования является сравнительная оценка существующих способов исключения отходов овощей и фруктов из хозяйственного оборота. В результате исследования было установлено, что в России разрешены два вида исключения отходов овощей и фруктов из хозяйственного оборота: захоронение отходов на полигонах или утилизация отходов. Утилизация отходов включает четыре основных варианта: рециклинг, регенерация, рекуперация и использование в качестве возобновляемого источника энергии. Каждый способ утилизации отходов имеет свои достоинства и недостатки. При выборе варианта утилизации отходов овощей и фруктов необходимо предварительно проводить оценку экономической целесообразности переработки конкретного ресурсного потенциала (количества отходов) и последствий негативного влияния на окружающую среду выбранного варианта. Результаты обзора могут быть использованы в качестве материала для дальнейших исследований по совершенствованию технологий переработки отходов овощей и фруктов с использованием новых достижений биотехнологии и биоинженерии.

Ключевые слова: рециклинг, регенерация, рекуперация, ресурсный потенциал, отходы овощей и фруктов, ритейл

Для цитирования: Коптелов К. И., Горячева Е. Д., Кузнецова К. С. Проблемы и перспективы технологий утилизации отходов овощей и фруктов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова 2025. № 2(48). С. 112–122. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-112-122

Review article

Problems and prospects of fruit and vegetable waste disposal technologies

Kirill I. Koptelov^{✉1}, Elena D. Goryacheva², Ksenia S. Kuznetsova³

Russian University of Biotechnology (ROSBIOTECH), 11 Volokolamsk Highway, Moscow, Russia, 125080

^{✉1}kkoptelov18@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8111-463X>

²goryacheva.55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7526-6503>

³kuznetsovaks@mgupp.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2344-4025>

Abstract. Fruit and vegetable waste constitutes a significant share of the total food waste not only in Russia but also worldwide. Currently, the bulk of fruit and vegetable waste is excluded from circulation by burying it in landfills, which is not economically feasible and has a negative impact on the environment. The purpose of this study is to compare existing methods for excluding fruit and vegetable waste from economic circulation. The study found that two types of excluding fruit and vegetable waste from economic circulation are permitted in Russia: burying waste in landfills or recycling waste. Waste recycling includes four main options: recycling, regeneration, recovery, and use as a renewable energy source. Each method of waste recycling has its own advantages and disadvantages. When choosing a recycling option for fruit and vegetable waste, it is necessary to first assess the economic feasibility of processing a specific resource potential (amount of waste) and the consequences of the negative impact on the environment of the selected option. The results of the review can be used as material for further research to improve the technologies for recycling fruit and vegetable waste using new achievements in biotechnology and bioengineering.

Keywords: recycling, regeneration, recovery, resource potential, vegetable and fruit waste, retail

For citation: Koptelov K.I., Goryacheva E.D., Kuznetsova K.S. Problems and prospects of fruit and vegetable waste disposal technologies. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):112–122. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-112-122

Введение. Всемирная продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО) отмечает, что в 2019 году во всем мире около 678 миллионов человек голодали. В 2021 году число голодающих возросло до 828 миллионов, то есть голодал уже каждый десятый житель планеты [1]. В то же время в глобальном масштабе производство продовольствия достигло уровня, достаточного для полного обеспечения потребностей всего населения Земли, а в некоторых случаях даже превышающего необходимые объёмы [2]. Причиной такого парадокса являлось то, что одна треть продуктов питания, производимых для потребления человеком, утрачивалась в виде пищевых отходов и продовольственных потерь.

Специалисты ФАО, изучающие проблемы потерь в сельском хозяйстве и образования пищевых отходов, отмечают, что сокращение объёмов утраченного продовольствия и уменьшение количества отходов представляют собой более результативный способ повышения доступности пищи, чем увеличение объёмов производства продовольствия [3].

Согласно точке зрения Sarwono R., отходы представляют собой индикатор неэффективности современных общественных систем, выражающейся прежде всего в нерациональном использовании доступных ресурсов, что приводит к их избыточному расходованию и увеличению объёмов переработанных остатков [4].

Согласно данным, опубликованным представителями ведущих розничных сетей России, овощи, фрукты и зелень занимают лидирующее место в структуре списания продуктов, не пригодных для реализации и употребления. Их доля достигает 60% от общего объёма списанной продукции, что свидетельствует о важности этой категории в образовании пищевых отходов [5].

Аналогичная ситуация наблюдается и в Китае. По данным Wang Y., Pan S., Yin J. et al., в Китае доля фруктов и овощей, теряемых при сборе урожая, транспортировке, сбыте и переработке, составляет почти 30% годового объёма их производства и, как следствие, овощи и фрукты составляют основную долю в пищевых отходах [6].

По утверждению некоторых авторов, увеличение доли отходов овощей и фруктов в общей массе пищевых отходов в ритейле в последние годы определяется выросшим спросом на категорию овощей и фруктов во всем мире из-за стремления населения употреблять натуральные продукты, богатые витаминами и минералами [7].

Целью данного исследования является сравнительная оценка существующих способов исключения отходов овощей и фруктов из хозяйственного оборота для выбора наиболее перспективного пути снижения количества неутилизированных отходов, ускорения перехода к экономике замкнутого цикла и решения экономических и экологических проблем.

Научная новизна работы заключается в использовании при оценке перспективности методов утилизации отходов овощей и фруктов, их ресурсного потенциала и востребованности полученных вторичных продуктов в народном хозяйстве.

Материалы, методы и объекты исследования. При проведении исследований использованы общие методы научного познания, включая изучение литературы в базе данных Google Scholar по теме исследования, отбор наиболее релевантных источников и их систематизация, объединение информации из различных источников в единое целое, формирование общего представления о состоянии исследований по теме, сопоставление и сравнение различных точек зрения. Поиск был ограничен временным периодом с 2018 до 2025 года. В основном для обеспечения объективности данных ис-

пользовались статьи, опубликованные в научных журналах.

В качестве объекта исследования выбраны способы захоронения и утилизации отходов овощей и фруктов.

Результаты исследования. Прежде всего были проанализированы основные причины образования отходов овощей и фруктов и установлены этапы пищевой цепи, где потери продовольствия особенно значительные.

Отходы овощей и фруктов возникают из-за различных факторов: человеческих, технологических, природно-климатических и рыночных [1].

По итогам экспертного опроса, проведенного в Сколково, основная доля потерь продукции растениеводства, а следовательно, потерь овощей и фруктов, приходится на этап их реализации населению (рис. 1) [2].

	 Выращивание и сбор	 Обработка и переработка	 Транспортировка, хранение	 Реализация
Растениеводство	до 10-30%	до 10-25%	до 15%	до 30-45%
Молочное животноводство	до 10-50%	до 10-25%	до 15-35%	до 5-10%
Мясное животноводство	до 20-30%	до 1-5%	до 10-15%	до 5%
Рыболовство	до 20-30%	до 5-20%	до 10%	до 5-10%

Рисунок 1. Потери пищевой продукции для базовых отраслей в России
Figure 1. Food losses for basic industries in Russia

Основными причинами образования отходов овощей и фруктов в ритейле являются:

- несоответствие качества продукции требованиям рынка (окончание сроков хранения продукции, наличие дефектов, снижение потребительских свойств и т. д.);
- неправильное хранение и транспортировка продукции, приводящие к ее порче и потере товарного вида;
- ошибки при выборе ассортимента и закупке товаров, не соответствующих потребительскому спросу или имеющих ограниченный срок годности;
- несоблюдение санитарных норм и правил товарного соседства, что способствует

развитию микроорганизмов и ухудшению качества продукции [8, 9].

Исследования показывают, что при выращивании овощей и фруктов существует вероятность их заражения опасными микроорганизмами, включая *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Shigella*, а также патогенные разновидности *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Clostridium botulinum* и *Clostridium perfringens*. Эти бактерии могут представлять значительный риск для пищевой безопасности и здоровья человека, что подчеркивает необходимость строгого контроля на всех этапах производства и обработки сельскохозяйственной продукции [10]. При нарушении

условий хранения и транспортировки микроорганизмы, загрязняющие продукт, начинают активно размножаться. Это приводит к быстрой порче продукции, её изъятию из оборота и, как следствие, образованию значительного количества отходов [11].

В России обращение с отходами, в том числе с отходами овощей и фруктов, регулируется

Федеральным законом от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «Об отходах производства и потребления»¹. В статье 1 данного закона даются определения разрешенных в России способов исключения отходов из хозяйственного оборота (рис. 2).

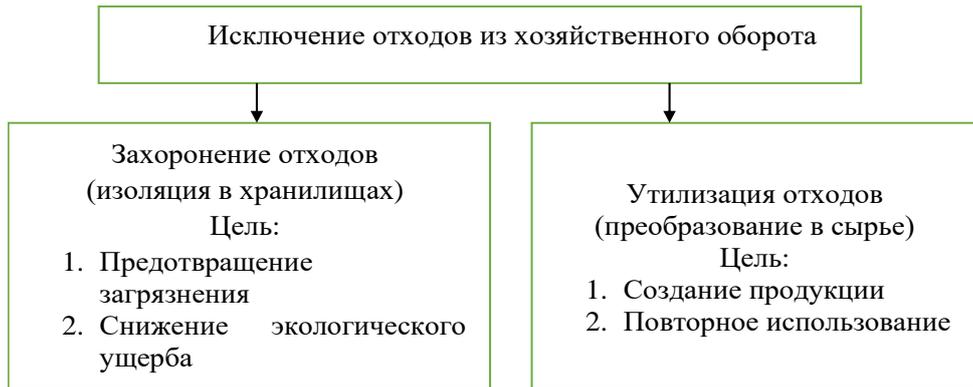


Рисунок 2. Способы исключения пищевых отходов из хозяйственного оборота
Figure 2. Methods for eliminating food waste from economic circulation

Утилизация пищевых отходов, в том числе отходов овощей и фруктов, включает несколько основных вариантов: повторное применение (рециклинг), восстановление полез-

ных характеристик (регенерация), извлечение ценных компонентов (рекуперация), а также использование отходов в качестве источника возобновляемой энергии (рис. 3).

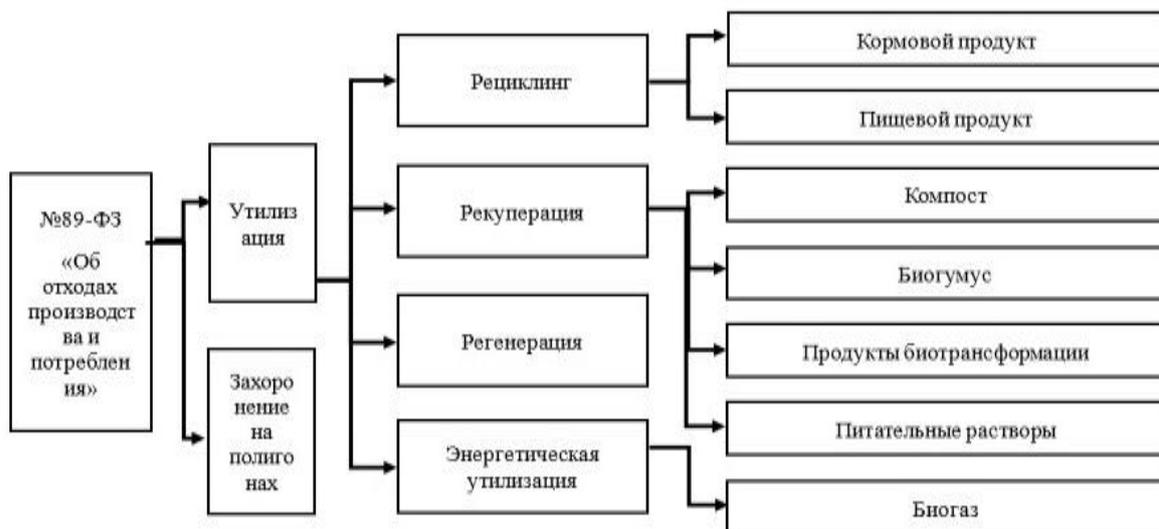


Рисунок 3. Способы утилизации пищевых отходов, в том числе отходов овощей и фруктов
Figure 3. Methods of recycling food waste, including vegetable and fruit waste

¹ Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=486336&ysclid=m7u4of1ksm869580316> (дата обращения 10.12.2024)

Согласно мнению главного редактора портала Agroinvestor.ru Кулистиковой Т., в России 94% отходов овощей и фруктов отправляется на мусорные полигоны и лишь 6% подвергаются утилизации [12].

При захоронении отходов овощей и фруктов на полигонах впустую тратятся необходимые для производства этого вида продовольствия энергетические источники, вода, плодородные почвы, другие ресурсы, и оказывается негативное воздействие на окружающую среду.

Система обращения с отходами, основанная на захоронении отходов, всегда обходится дорого и не приносит экономической выгоды. По утверждению Sarwono R., «система открытого захоронения отходов просто переносит проблему с одного места на другое» [4].

Таким образом, по мнению многих аналитиков, путь исключения отходов, в том числе отходов овощей фруктов, из оборота путем их захоронения неперспективен.

Варианты утилизации отходов, включая их переработку во вторичные продукты, могут быть разнообразными. В соответствии с федеральным законом № 89-ФЗ рециклинг определяется как повторное использование отходов в соответствии с их первоначальным назначением. Для отходов овощей и фруктов рециклинг подразумевает их переработку в продукты, пригодные для употребления в пищу, или использования их в качестве кормов.

Существует ряд технологий рециклинга, позволяющих перерабатывать овощи и фрукты, не имеющие признаков микробиологической порчи, но с наличием дефектов, в продукты, пригодные для употребления в пищу человеком [5, 13, 14].

Однако такие технологии применяются в ограниченных масштабах из-за волатильности количества и качества отходов, которые могут значительно варьироваться в зависимости от географического расположения и временных факторов.

Отходы овощей и фруктов можно перерабатывать в корма для животных. Индийскими исследователями Sahoo A., Sarkar S., Lal B. et al. был проведен эксперимент по оценке эффекта обогащения корма для овец свежими отходами фруктов [15].

Целью исследования было определение влияния добавок свежих отходов фруктов в рацион питания животных на усвояемость ими питательных веществ из сухого корма

(сена) и эффективности экономии питьевой воды. В результате экспериментов было установлено, что усвояемость сухого вещества и сырого протеина значительно повысилась при введении в рацион питания от 10 до 20% отходов фруктов.

Использование отходов овощей и фруктов в качестве кормов или добавок для животных в России сталкивается с серьезными трудностями, связанными с отсутствием законодательной базы. Ранее действовавшие нормы, регулирующие сбор и применение пищевых отходов для кормления скота, были утверждены ещё в 1970 году Министерством сельского хозяйства СССР. Однако эти правила утратили силу после отмены соответствующим приказом Минсельхоза России в апреле 2020 года. Проект Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» еще не утвержден Евразийской экономической комиссией.

В Постановлении Правительства РФ от 7 октября 2020 г. № 1612 «Об утверждении Положения о порядке изъятия из обращения, проведения экспертизы, временного хранения, утилизации или уничтожения некачественных и (или) опасных пищевых продуктов, материалов и изделий, контактирующих с пищевыми продуктами» установлено, что «в целях утилизации некачественных пищевых продуктов для последующего использования в качестве корма для сельскохозяйственных животных проводится ветеринарно-санитарная экспертиза»¹.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 22000-2019 указано, что «пищевая продукция предназначена для потребления людьми и животными и включает в себя корм и пищевую продукцию для животных»². Следовательно,

¹ Постановление Правительства РФ от 7 октября 2020 г. № 1612 «Об утверждении Положения о порядке изъятия из обращения, проведения экспертизы, временного хранения, утилизации или уничтожения некачественных и (или) опасных пищевых продуктов, материалов и изделий, контактирующих с пищевыми продуктами» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/> (дата обращения 1.03.2025)

² ГОСТ Р ИСО 22000-2019. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200166674>. (дата обращения 1.03.2025)

на корма и кормовые добавки, полученные при рециклинге отходов овощей и фруктов, распространяются требования по безопасности, установленные в техническом регламенте ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». В соответствии с установленными требованиями, Приказом Минсельхоза России определено, что пищевые отходы, предназначенные для кормления свиней, в целях обеспечения их безопасности должны проходить термическую обработку продолжительностью не менее 30 минут после момента закипания¹.

Овощи и фрукты обладают высокой биологической ценностью, поэтому метод рекуперации отходов, то есть извлечения полезных компонентов для их повторного применения, используется достаточно широко.

Наиболее широко применяемым вариантом рекуперации отходов овощей и фруктов является их компостирование, то есть переработка отходов, основанная на разложении органических веществ микроорганизмами с получением удобрений высокого качества [16].

Технология компостирования отличается доступностью и простотой реализации. В результате данного процесса образуется экологически чистое и высокоэффективное удобрение, которое способствует улучшению структуры почвы и обогащению её питательными веществами. Применение компоста позволяет значительно сократить или полностью отказаться от использования химических удобрений, что, в свою очередь, снижает затраты на их производство, хранение и транспортировку.

Ключевыми преимуществами компостирования как метода утилизации отходов овощей и фруктов являются его экологическая безопасность и способность к естественному обеззараживанию органического материала благодаря повышению температуры в процессе разложения.

Но существуют и недостатки метода: длительный период созревания, неприятный за-

пах и необходимость наличия значительных площадей снижают его привлекательность [17].

Ускорить процесс созревания компоста и получить органические удобрения улучшенного качества (биогурус) можно путем вермикомпостирования, то есть переработки отходов с использованием специальных видов дождевых червей [18].

Однако производство вермикомпоста требует больших трудозатрат. Корм необходимо добавлять регулярно, и важно следить за тем, чтобы черви не перекармливались. Кроме того, нужно постоянно следить за температурой и влажностью массы, так как эти параметры влияют на активность червей и, как следствие, на скорость процесса [19].

Достижения биотехнологии и биоинженерии позволили решать проблемы утилизации отходов овощей и фруктов путем их биотрансформации в ценные твердые и жидкие органические удобрения и биогаз. Твердая фракция получаемого удобрения обогащает почву гуминовыми соединениями и микроэлементами, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур на 50–60%. Жидкая фракция используется в качестве биостимулятора, ускоряющего рост и развитие растений. Биогаз используется для получения тепловой и электрической энергии [20].

Wang Y., Pan S., Yin J. et al. провели сравнение ресурсного потенциала и влияния на глобальное потепление технологий утилизации плодоовощных отходов в Китае, основываясь на различных стратегиях переработки. Установлено, что «силосование» (компостирование) отходов обеспечивает наилучший потенциал извлечения полезных компонентов из овощей и фруктов; анаэробное сбраживание обеспечивает наименьшее негативное влияние на окружающую среду; сжигание позволяет получить тепловую энергию. Оптимальная эффективность утилизации отходов овощей и фруктов достигается при распределении их ресурсного потенциала следующим образом: 56% – анаэробное сбраживание, 30% – силосование и 14% – сжигание [6].

Эргашев Б. А. в своём исследовании изучил возможность переработки отходов овощей и фруктов с целью получения удобрений и биоэнергии. В ходе эксперимента от-

¹ Приказ Минсельхоза России от 21.10.2020 N 621 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания свиней в целях их воспроизводства, выращивания и реализации» от 21 октября 2020 года N 621. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://base.garant.ru/74832101/?ysclid=m7vlht8jcl19207030/> (дата обращения 01.03.2025)

ходы помещались в анаэробные реакторы, где под воздействием определенных микроорганизмов происходил процесс ферментации. В результате выделялся биогаз, состоящий из метана и углекислого газа, и образовывались органические остатки.

Полученный биогаз после очистки использовался для генерации электроэнергии, а органические остатки применялись в качестве удобрений. Использование таких удобрений позволило увеличить урожайность пшеницы на 15% по сравнению с участками, где применялись традиционные химические удобрения. В таблице 1 приведены результа-

ты сравнительной оценки различных методов утилизации отходов овощей и фруктов, полученные Эргашевым Б. А. экспериментально [21].

Пищевые отходы могут быть обработаны и использованы в качестве питательного раствора, обеспечивая устойчивый источник веществ, необходимых для роста растений. Этот метод может использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур в районах с плохим качеством почвы. Гидропоническое земледелие со своими преимуществами и недостатками определяет преимущества и недостатки этого метода [22, 23].

Таблица 1. Сравнительная оценка способов утилизации отходов овощей и фруктов
Table 1. Comparative assessment of methods for recycling fruit and vegetable waste

Способы утилизации	Эффективность, (%)	Экономическая выгода	Экологические плюсы	Недостатки
Биоэнергетическая ферментация	80	Высокая	Снижение выбросов CO ₂	Необходимость обучения кадров
Термическая переработка	60	Средняя	Минимизация отходов	Высокие затраты на оборудование
Компостирование	70	Низкая	Улучшение почвенной структуры	Длительный процесс разложения

Возврат отходов овощей и фруктов в хозяйственный оборот после предварительной подготовки, то есть их регенерация, на наш взгляд, практически неосуществима, поскольку восстановление товарного вида списанных продуктов является экономически нецелесообразным.

Интересным решением представляется энергетическая утилизация, то есть использование отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов). Другими словами, энергетическая утилизация отходов – процесс выработки электрической и тепловой энергии в результате сжигания отходов [24].

По данным Эргашева Б. А., энергетическая утилизация отходов овощей и фруктов требует высоких затрат на оборудование, а по расчетам Wang Y., Pan S., Jun Yin J. et al., доля отходов овощей и фруктов, утилизируемых по этому варианту, не должна превышать 14% от общего объема отходов.

Выводы. В ходе исследования была проведена сравнительная оценка существующих способов исключения отходов овощей и

фруктов из хозяйственного оборота. Анализ информационных материалов в области переработки пищевых отходов растительного происхождения показал:

- овощи и фрукты занимают первое место в структуре списания продуктов питания в пищевые отходы как в России, так и во всем мире;
- в настоящее время основная масса отходов овощей и фруктов утилизируется путем их захоронения на полигонах, что экономически не выгодно и негативно влияет на окружающую среду;
- при выборе варианта утилизации отходов овощей и фруктов необходимо предварительно проводить оценку экономической целесообразности переработки конкретного ресурсного потенциала (количества отходов) и последствий негативного влияния на окружающую среду реализации выбранного варианта;
- необходимо продолжать совершенствование технологий переработки отходов овощей и фруктов с использованием новых достижений биотехнологии и биоинженерии.

Список литературы

1. ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ. 2021 год. Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2021. Преобразование продовольственных систем в интересах обеспечения продовольственной безопасности, улучшения качества питания и экономической доступности здоровых рационов питания для всех. Рим, ФАО [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4474ru> (дата обращения 10.12.2024)
2. Ким В. В., Галактионова Е. А., Антоневич К. В. Продовольственные потери и пищевые отходы на потребительском рынке РФ // *International agricultural journal*. 2020. Т. 63 № 4. С. 1. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10191. EDN: EEEFFC
3. Роберт ван Оттердаек. ФАО: «Сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов эффективнее роста производства» [Электронный ресурс]. URL: <https://sdexpert.ru/news/company/robert-van-otterdayk-fao-sokrashcheniepoter-prodovolstviya-i-pishchevykh-otkhodov-effektivneerosta/?ysclid=lqyxfhfbfw708704870> (дата обращения 10.12.2024)
4. Sarwono R. Approaching Zero Waste Management of Municipal Solid Waste (MSW) Integreted with Agricultural, Poultry, Ruminants, Worm and Maggot Farming // *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. 2023. Vol. 12. No. 7. Pp. 06–10.
5. Российский ритейл против порчи овощей и фруктов: сложности борьбы. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.retail.ru/rbc/pressreleases/luckysnacky-rossiyskiy-riteyl-protiv-porchi-ovoshchey-i-fruktovslozhnosti-borby/?ysclid=lza0sdb0g6476962312> (дата обращения 10.12.2024)
6. Wang Y., Pan S., Yin J. [et al.]. Resource otential and global warming potential of fruit and vegetable waste in China based on different treatment strategies. *Waste Management*. 2022-03-01. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.11.016. URL: <https://typeset.io/papers/resource-potential-and-global-warming-potential-of-fruit-and-2ckmz82n>
7. Новикова К. В., Антинескул Е. А., Ковалев В. Е. Минимизация потерь продовольственного ритейла в России // *Этап: Экономическая теория, анализ, практика*. 2022. № 3. С. 73–92. DOI: 10.24412/2071-6435-2022-3-73-92. EDN: OKLFCY
8. Отходы овощей и фруктов: виды, переработка и повторное использование// *rcycle.net* [Электронный ресурс]. URL: <https://rcycle.net/othody/pishhevye/ovoshhej-i-fruktovs-pererabotka-ispolzovanie> (дата обращения 10.12.2024)
9. Stefanovic L., Freytag-Leyer B., Kahl J. Food System Outcomes: An Overview and the Contribution to Food Systems Transformation // *Journal Frontiers-in-Sustainable-Food-Systems*. 2020. Vol. 4. DOI: 10.3389/fsufs.2020.546167]
10. Микробиологическая контаминация продовольственного сырья и готовой пищевой продукции (аналитический обзор) / А. С. Хишов, О. И. Балагула, А. В. Лаврухина [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2023. Т. 53. № .3. С. 486–503. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-3-2451. EDN: IVKWII
11. Berthold-Pluta A, Pluta A, Garbowska M. [et al.]. Prevalence and toxicity characterization of *Bacillus cereus* in food products from Poland // *Foods*. 2019. Vol. 8. No. 7. P. 269. DOI: 10.3390/foods8070269
12. Кулистикова Т. Выбросить нельзя использовать. Как снизить объемы уничтожения просроченных продуктов питания // *Агроинвестор* [Электронный ресурс]. 2022. 10. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/38990-vybrosit-nelzyaispolzovat-kak-snizit-obemy-unichtozheniya-prosrochennykh-produktov-pitaniya/> (дата обращения 01.03.2025)
13. Разработка технологии производства функциональных снеков из местного фруктового и овощного сырья / В. Ф. Винницкая, В. Н. Макаров, Д. В. Акишин [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2019. № 4. С. 8–14. DOI: 10.24411/2311-6447-2019-10017. EDN: VXRKVK
14. Ковалев В. Е., Новикова К. В., Антинескул Е. А. Кластерный анализ продовольственных ритейлеров России // *Управленец*. 2022.Т. 13. № 2. С. 70–84. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-2-5. EDN: IZQHEA
15. Sahoo A., Sarkar S., Lal B. [et al.]. Utilization of fruit and vegetable waste as an alternative feed resource for sustainable and eco-friendly sheep farming // *Waste Management* 2021. Vol. 128. No. 1. Pp. 232–242. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.04.050
16. Современные технологии переработки. Компостирование / Невский экологический оператор [Электронный ресурс]. URL: <https://spb-neo.ru/okompanii/news/sovremennye-tekhnologii-pererabotki-kompostirovaniya/> (дата обращения 11.08.2023)
17. Компостирование [Электронный ресурс]. URL: <https://teh-eco.com/> (дата обращения 01.03.2025)

18. Кощаев А. Г., Кощаева О. В., Елисеев М. А. Биотехнология вермикюльтивирования органических отходов // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 95. С. 594–603. EDN: RVEYOT
19. Методическое руководство по компостированию и вермикомпостированию [Электронный ресурс]. URL: https://www.greencross.by/sites/default/files/files-fordownload/2017/metodicheskoe_rukovodstvo_po_kompostirovaniyu_i_vermikomposti_rovaniyu.pdf (дата обращения 01.03.2025)
20. Виды отходов, утилизируемые с помощью биогазовых технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://vseothody.com/> (дата обращения 07.06.2024)
21. Эргашев Б. А. Исследование возможности использования отходов переработки фруктов и овощей для получения биоэнергии и удобрений // Universum: технические науки. 2024. № 6(123). С. 15–16. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17802> (дата обращения: 07.03.2025).
22. Вред и польза гидропоники, преимущества и недостатки метода [Электронный ресурс]. URL: <https://premier-agro.ru/vred-i-polza-gidropnikipreimushhestva-i-nedostatki-metoda/?ysclid=lzb3ytu8wc242251128> (дата обращения 01.03.2025)
23. Преимущества и недостатки гидропоники [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rdm-garden.ru/stati-o-gidropnike/preimuchestva-i-nedostatkihidropniki/> (дата обращения 01.03.2025)
24. Ляшенко М. Я. Обзор основных технологий преобразования отходов в энергию // Лин-технологии: Бережливое производство. 2023. № 3(42). 64 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://panor.ru/>

References

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World – 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome: FAO. [Electronic resource]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4474ru> (accessed: 10.12.2024). (In Russ.)
2. Kim V.V, Galaktionova E.A., Antonevich K.V Food Losses end Food waste in the consumer market of the Russian Federation // International agricultural journal. 2020;63(4):1. (In Russ.). DOI:10.24411/2588-0209-2020-10191. EDN: EEEFFC
3. Robert van Otterdijk. FAO: "Reducing food losses and waste is more effective than increasing production" [Electronic resource]. URL: <https://sdexpert.ru/news/company/robert-van-otterdayk-fao-sokrashchenie-poter-prodovolstviyai-pishchevykh-otkhodov-effektivnee-rosta/?ysclid=lqyxfhbfw708704870> (accessed: 10.12.2024). (In Russ.)
4. Sarwono R. Approaching Zero Waste Management of Municipal Solid Waste (MSW) Integreted with Agricultural, Poultry, Ruminants, Worm and Maggot Farming. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. 2023;12(7):06–10.
5. Russian retail against fruit and vegetable spoilage: the challenges of the fight [Electronic resource]. URL: <https://www.retail.ru/rbc/pressreleases/lucky-snacky-rossiyskiy-riteyl-protivporchi-ovoshchey-i-fruktov-slozhnosti-borby/?ysclid=lza0sdb0g6476962312> (accessed: 10.12.2024). (In Russ.)
6. Wang Y., Pan S., Yin J. [et al.]. Resource otential and global warming potential of fruit and vegetable waste in China based on different treatment strategies. *Waste Management*. 2022-03-01. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.11.016. URL: <https://typeset.io/papers/resource-potential-and-global-warming-potential-of-fruit-and-2ckmz82n>
7. Novikova K.V., Antineskul E.A., Kovalev V.E. Minimization of losses in food retail in Russia. *ETAP: Economic theory, analysis, practice*. 2022;(3):73–92. (In Russ.). DOI: 10.24412/2071-6435-2022-3-73-92. EDN: OKLFCY
8. Waste of vegetables and fruits: types, processing and reuse [Electronic resource] // rcycle.net. URL: <https://rcycle.net/othody/pishhevye/ovoshhej-i-fruktov-pererabotka-ispolzovanie> (accessed: 10.12.2024). (In Russ.)
9. Stefanovic L., Freytag-Leyer B., Kahl J. Food System Outcomes: An Overview and the Contribution to Food Systems Transformation // *Journal Frontiers-in-Sustainable-Food-Systems*. 2020;4. DOI: 10.3389/fsufs.2020.546167
10. Hishov A.S., Balagula O.I., Lavrukina A.V. [et al.]. Microbiological contamination of food raw materials and ready-to-eat foods: analytical review. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2023;53(3):486–503. (In Russ.). Doi: 10.21603/2074-9414-2023-3-2451. EDN: IVKWII
11. Berthold-Pluta A, Pluta A, Garbowska M. [et al.]. Prevalence and toxicity characterization of *Bacillus cereus* in food products from Poland. *Foods*. 2019;8(7):269. DOI: 10.3390/foods8070269
12. Kulistikova T. Throw away cannot be used. How to reduce the volume of destruction of expired food products. *Agroinvestor*. [Electronic resource]. 2022. 10. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/38990-vybrosit-nelzyaispolzovat-kak-snizit-obemy-unichtozheniya-prosrochennykh-produktov-pitaniya/> (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)

13. Vinnitskaya V., Makarov V., Akishin D. [et al.]. Development of technologies for the production of functional snacks from local fruit and vegetable raw materials. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2019;(4): 8–14. (In Russ.). DOI: 10.24411/2311-6447-2019-10017. EDN: VXRKVK
14. Kovalev V.E., Novikova K.V., Antineskul E.A. Cluster analysis of food retailers in Russia. *Upravlenets*. 2022;13(2):70–84. (In Russ.). DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-2-5. EDN: IZQHEA
15. Sahoo A., Sarkar S., Lal B. [et al.]. Utilization of fruit and vegetable waste as an alternative feed resource for sustainable and eco-friendly sheep farming. *Waste Management*. 2021;128(1): 232–242. Doi: 10.1016/j.wasman.2021.04.050
16. Modern Waste Processing Technologies. Composting [Electronic resource] / Nevsky Ecological Operator. URL: <https://spb-neo.ru/okompanii/news/sovremennye-tekhnologii-pererabotki-kompostirovanie/> (accessed: 11.08.2023). (In Russ.)
17. Composting [Electronic resource]. URL: <https://teheco.com/> (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)
18. Koshchaev A.G., Koshchaeva O.V., Eliseev M.A. Biotechnology of organic waste vermiculture. *Scientific Journal of KubSAU*. 2014;(95):594–603. (In Russ.). EDN: RVEYOT
19. *Metodicheskoe rukovodstvo po kompostirovaniyu i vermikompostirovaniyu* [Methodological Guidelines for Composting and Vermicomposting]. [Electronic resource]. URL: https://www.greencross.by/sites/default/files/filesfordownload/2017/metodicheskoe_rukovodstvo_po_kompostirovaniyu_i_vermikompostirovaniyu.pdf (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)
20. *Vidy othodov, utiliziruemye s pomoshch'yu biogazovyh tekhnologij* [Types of Waste Recycled Using Biogas Technologies] [Electronic resource]. URL: <https://vseothody.com/> (accessed: 07.06.2024). (In Russ.)
21. Ergashev B.A. Research into the possibility of using fruit and vegetable processing waste to produce bioenergy and fertilizers. *Universum: Technical Sciences*. 2024;6(123):15-16. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17802> (accessed: 07.03.2025). (In Russ.)
22. Harm and benefit of hydroponics, advantages and disadvantages of the method [Electronic resource]. URL: <https://premier-agro.ru/vred-i-polzagidroponiki-preimushhestva-i-nedostatki-metoda/?ysclid=1zb3ytu8wc242251128> (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)
23. Advantages and Disadvantages of Hydroponics [Electronic resource]. URL: <https://www.rdm-garden.ru/stati-o-gidroponike/preimuchestva-inedostatki-gidroponiki/> (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)
24. Lyashenko M.Ya. Review of the main technologies for converting waste into energy. *LEAN-technology: saving production*. 2023. No. 3. 64 p. [Electronic resource]. URL: <https://panor.ru/> (In Russ.)

Сведения об авторах

Коптелов Кирилл Игоревич – аспирант кафедры пищевой безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», SPIN-код: 4029-9257

Горячева Елена Давидовна – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», SPIN-код: 6263-2438, ResearcherID: ISS-1607-202

Кузнецова Ксения Сергеевна – старший преподаватель кафедры пищевой безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», SPIN-код: 7524-1847

Information about the authors

Kirill I. Koptelov – Postgraduate student of the Department of Food Safety, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 9355-4280

Elena D. Goryacheva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of Food Safety, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 6263-2438, ResearcherID: ISS-1607-202

Ksenia S. Kuznetsova – Senior Lecturer, Department of Food Safety, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 7524-1847

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 22.05.2025;
принята к публикации 29.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 22.05.2025;
accepted for publication 29.05.2025.*