

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i1.s247>

УДК 637.51:637.03

Некоторые аспекты решения проблемы отходов мясного производства

О.В. Беспалова

Российский экономический
университет им. Г.В. Плеханова,
Москва, Россия

Корреспонденция:

Беспалова Ольга Владимировна,
Российский экономический
университет им. Г.В. Плеханова,
115054, Россия, Москва,
Стремянный пер., 36
E-mail: Bespalova.OV@rea.ru

Конфликт интересов:

автор заявляет об отсутствии
конфликта интересов.

Поступила: 20.12.2024**Поступила после****рецензирования:** 12.03.2025**Принята:** 30.03.2025**Copyright:** © 2025 Автор**АННОТАЦИЯ**

Введение. В статье отмечается, что одной из причин недостаточно эффективной работы с отходами предприятий-производителей мясной отрасли является нехватка системной информации о путях экосбалансированного подхода при наращивании производства, разрозненность и фрагментированность сведений о новациях в технологиях переработки отходов и предложен комплексный обзор объединенной научной информации.

Цель. Объединить сведения научной информации о состоянии и перспективах производства мясной продукции в России за последнее пятилетие 2019-2023 гг., определить перспективные новации в решении вопросов переработки отходов. Создать комплексный тематический обзор некоторых аспектов переработки отходов на основе анализа современных научных публикаций российских и зарубежных авторов.

Материалы и методы. Дескриптивным методом, по ключевым словам тематического направления статьи («отходы мясоперерабатывающих производств, технологии переработки отходов мяса, производство мяса, потребление мяса») подобраны 113 научных источников глубиной обзора с 2012 по 2024 годы. Методом апперцепирования выбраны 74 источника из баз данных Scopus, Web of Science, PubMed Central, поисковых систем Google Scholar, EBSCO, платформ Elsevier, eLibrary.Ru, cyberleninka.ru, ORCID, порталов ResearchGate, AGRIS для детального исследования.

Результаты. Получены статистические данные Росстата о производстве и потреблении мяса в Российской Федерации за последнее пятилетие с 2019 по 2023 гг., проанализированы объемы, графической визуализацией показан тренд развития отрасли. Отмечена прямая связь между увеличением производства мяса и образованием отходов и обозначено отсутствие системного информационного поля для мясоперерабатывающих предприятий о новациях и современных технологиях рециклинга отходов. Систематизированы данные и представлен комплексный обзор из современных российских и зарубежных научных публикаций о современной практике использования отходов.

Выводы. Статистические и прогнозные сведения о возрастающей динамике производства мяса в России позволили акцентировать внимание представителей мясной отрасли на соответствующее увеличение образуемых отходов, переработка которых, во многом, не решена. Рассмотренные современные российские и зарубежные технологии переработки отходов дают перспективные предложения для рассмотрения их применения в условиях конкретных производств с учетом рециклинга отходов на основе экосбалансированного подхода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

отходы мясоперерабатывающих производств, технологии переработки отходов мяса, производство мяса, потребление мяса



Для цитирования: Беспалова, О. В. (2025). Некоторые аспекты решения проблемы отходов мясного производства *Health, Food & Biotechnology*, 7(1), 27-41. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i1.s247>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i1.s247>

Some Aspects of Solving the Problem of Meat Production Waste

Olga V. Bespalova

Plekhanov Russian University
of Economics, Moscow, Russia

Correspondence:

Olga V. Bespalova,
Plekhanov Russian University
of Economics, 36, Stremyanny Lane,
Moscow, 115054, Russia
E-mail: Bespalova.OV@rea.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 20.12.2024

Received in revised form: 12.03.2025

Accepted: 30.03.2025

Copyright: © 2025 The Author

ABSTRACT

Introduction. The article notes that one of the reasons for the insufficiently effective work with waste from meat industry manufacturing enterprises is the lack of systemic information on the ways of an eco-balanced approach when increasing production, the disunity and fragmentation of information on innovations in waste processing technologies, and a comprehensive review of the combined scientific information is proposed.

The purpose of the article was to combine scientific information on the state and prospects of meat production in Russia over the past five years 2019–2023, to identify promising innovations in solving waste recycling issues. To create a comprehensive thematic review of some aspects of waste recycling based on the analysis of modern scientific publications of Russian and foreign authors..

Methods and Materials. Using the descriptive method, according to the keywords of the thematic area of the article («meat processing waste, meat waste processing technologies, meat production, meat consumption»), 113 scientific sources with a review depth from 2012 to 2024 were selected. Using the apperception method, 74 sources were selected from the Scopus, Web of Science, PubMed Central databases, Google Scholar, EBSCO search engines, Elsevier, eLibrary.Ru, cyberleninka.ru, ORCID platforms, ResearchGate, AGRIS portals for a detailed study.

Results. Rosstat statistical data on meat production and consumption in the Russian Federation for the last five years from 2019 to 2023 were obtained, volumes were analyzed, and the industry development trend was shown using graphical visualization. A direct link between the increase in meat production and waste generation was noted, and the lack of a systemic information field for meat processing enterprises on innovations and modern waste recycling technologies was indicated. The data were systematized and a comprehensive review of modern Russian and foreign scientific publications on modern waste management practices was presented.

Conclusions. Statistical and forecast data on the increasing dynamics of meat production in Russia allowed to focus the attention of representatives of the meat industry on the corresponding increase in waste generated, the processing of which, in many respects, has not been solved. The proposed digest of modern Russian and foreign waste processing technologies allowed to combine disparate information, assess the reality of application in the conditions of specific production, made it possible to work out management decisions on waste recycling based on an eco-balanced approach.

KEYWORDS

waste from meat processing industries, technologies for processing meat waste, meat production, meat consumption



To cite: Bespalova, O. V. (2025). Some aspects of solving the problem of meat production waste. *Health, Food & Biotechnology*, 7(1), 27–41. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i1.s247>

ВВЕДЕНИЕ

В научной литературе содержится значительный объем информации о производстве мяса, его потреблении, возрастающей потребности, связанной с увеличением численности населения. Приводятся данные о демографической ситуации на Земле, которые свидетельствуют, что к 2030 году на ней будут проживать около 9 млрд человек, а к концу 2050 года — до 9,7 млрд человек (Alibekov et al., 2024; Eilert, 2020; Khan et al., 2024; Laurett et al., 2021). Для обеспечения населения выращивается и забивается на мясо более 70 млрд сельскохозяйственных животных в год (Liu et al., 2023). Отмечается, что демографические изменения приведут к усилению нагрузки на агропромышленный сектор, что одновременно увеличит отходы производств до 1,3 млрд тонн в год и создаст риск экологического неблагополучия во многих регионах (Шабалина & Герасименко, 2020; Лисковецкая, 2021; Glišić et al., 2023; Khan et al., 2024). Российская Федерация является частью глобальной экономики, имеет развитый агропромышленный сектор, в котором значительное место занимает животноводство и переработка мяса (Гончаров и соавт., 2020; Сударев и соавт., 2022; Хайруллина, 2021; Федотова и соавт., 2023; Яковенко & Иваненко, 2024). Увеличение объемов производства мяса неизменно связано с загрязнением среды обитания. В этой связи, авторы многих российских и зарубежных статей опубликовали исследования о проблемах опасности негативного воздействия мясоперерабатывающих предприятий на окружающую среду как скоплением отходов, так и образованием парниковых газов, сбросом сточных вод, содержащих обеззараживающие средства (Порфирьев, 2020; Тюрин и соавт., 2023; Davison et al., 2020; Raihan, 2023). В работах отмечается, что интенсивное животноводство и производство мяса своей деятельностью оказывают пагубное влияние на здоровье животных и людей, влияют на биоразнообразие флоры и фауны, качество почвы и климат (Кузлякина & Замула, 2020; Karabasil et al., 2023; Yu et al., 2021; Sabumon, 2023). Предлагаются различные пути рециклинга и регенерации ценного вторичного сырья, которые, по данным приводимых исследований, значительно сокращают негативное экологическое воздействие мясоперерабатывающих производств (Балякина и соавт., 2021; Горбунова & Петрунина, 2023; Петрунина и Горбунова, 2024; Рамазанов и соавт., 2024; Ferronato et al., 2021; Martin-Rios, 2022; Pinotti, L. et al., 2021). Это подтверждается публикационной активностью авторов научных статей по данной тематике. Статистика исследований из базы данных ScienceDirect свидетельствует, что в 2021 году было опубликовано 562 материала на тему отходов агропромышленного комплекса (Monastirskii et al., 2022). В тоже время, исследования в 1258 публикациях посвящены вопросам переработки отходов животноводческих ферм и мясоперерабатывающих производств, что свидетельствует о двухкрат-

ном преобладании этой темы над другими (Monastirskii et al., 2022; Петрунина & Горбунова, 2024; Ungureanu et al., 2023; Shurson, 2020). Авторы статей акцентируют внимание на необходимость эффективных решений по сокращению потерь и отходов по всей линии производства мясной продукции, рассматривая внутренние и внешние барьеры, иногда, с необычных сторон: приемы кормления животных, уменьшающих прижизненное выделения метана; способы убоя при соблюдении религиозных норм целью реализации мяса населению определенных конфессий; цифровизация отрасли для обеспечения безопасности продукции (Echegaray et al., 2022; Hübel & Schaltegger, 2022; Laurett et al., 2021; Mohan & Long, 2021; Mustafa, 2023). Недостатком тематических публикаций является разнонаправленность решаемых вопросов, базирующихся на технологиях переработки отходов: теоретические основы управления, устойчивого развития и циркулярной экономики в мясоперерабатывающей отрасли, отходы и потери производств, стратегии в управлении отходами, извлечение из отходов отдельных компонентов для дальнейшего производства продукции, переработка отходов на новую продукцию и другие (Петрунина, 2023; Петрунина & Горбунова, 2024; Рамазанов и соавт., 2024; Соколов, 2023; Kilibarda et al., 2023; Glišić et al., 2023; Seredin et al., 2022). В настоящей статье отмечается, что научные публикации тематического профиля «производство продукции — переработка отходов» являются несистематизированными, фрагментированными, разрозненными по годам и научным направлениям. Они сформированы по применяемым способам переработки и назначению конечного продукта, то есть, опубликованы в изданиях не только пищевых, но и смежных областей: химическая промышленность, медицина, фармацевтическая промышленность, биотехнологическое производство и другие. В настоящем исследовании сделан вывод, что одной из причин недостаточно эффективной работы с отходами предприятий-производителей в мясной отрасли является нехватка объединенной информации о путях экосбалансированного подхода в организации производства, нет системного информационного взаимодействия между объектами, включая те, которые специализируются только на переработке отходов. В этой связи, настоящее исследование, во-первых, представит данные о динамике производства и потребления мяса в России, состоянии и прогнозах развития отрасли, которые могут явиться основой понимания целесообразности проведения мероприятий по рециклингу отходов и укажет на необходимость модернизации производства. Во-вторых, дайджест новаций, включая зарубежные издания, с выборкой из 74 источников будет содействовать осведомленности производителей мяса о способах построения форматов рециклинга на собственных объектах. Информация будет полезна для специализированных объектов переработки вторичного сырья в аспекте рассмотрения новых вариантов создания продукции из от-

ходов мясоперерабатывающих производств. Предполагается, что принятые решения будут способствовать созданию замкнутого цикла на мясоперерабатывающих предприятиях, уменьшению объемов отходов, созданию сопутствующей необходимой потребительской продукции. Отмечено, что получение добавленной стоимости от переработки отходов способствуют повышению финансовой устойчивости объектов хозяйствования.

Целью статьи является объединение сведений научной информации о состоянии и перспективах производства мясной продукции в России за последнее пятилетие 2019–2023 гг., определение перспективных новаций в решении вопросов переработки отходов, создание комплексного тематического обзора некоторых аспектов переработки отходов на основе анализа современных научных публикаций российских и зарубежных авторов. Цель сформирована необходимостью объединения научных сведений, размещенных в различных научных изданиях, о некоторых способах создания новой продукции с добавленной стоимостью из отходов мясоперерабатывающих производств для комплексного информирования производителей мяса, в деятельности которых в настоящее время нет технологий рециклинга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дескриптивным методом, по ключевым словам тематического направления статьи («отходы мясоперерабатывающих производств, технологии переработки отходов мяса, производство мяса, потребление мяса») подобраны научные источники глубиной обзора с 2019 по 2024 годы на русском и английском языках. Общий обзор существующих технологий переработки глубиной исследования — 2012–2024 гг. проводился с применением сравнительного метода, предусматривающего исключение повторений ранее достигнутых результатов. Методом апперцепирования выполнен обзор выбранных источников из баз данных Scopus, Web of Science, PubMed Central, а также научных статей, доступных к ознакомлению из поисковых систем Google Scholar, EBSCO, на платформах Elsevier, eLibrary.Ru, cyberleninka.ru, ORCID, порталах ResearchGate, AGRIS. Период выборки технологий за 2019–2024 гг. определен по основаниям возрастающих темпов технического прогресса, совершенствования технических средств, включая цифровые инновации. Рассмотрение технологий переработки отходов более глубокого периода, где описываются процессы с применением оборудования прошлых лет, сочтено нецелесообразным в связи с прорывным развитием новых технологий. Производство мяса и его потребление обрабатывались статистическим методом и методом

сравнительного анализа на основе материалов Росстата, аналитических агентств, научной литературы. Результаты обработаны графическим методом с использованием возможностей программного компьютерного обеспечения (ПО) Microsoft.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования производства и потребления мяса на современном этапе

Отмечено, что авторы многих научных статей рассматривают динамичность развития мясоперерабатывающих производств в России за последние годы, однако, констатируется, что с наращиванием производства возникают различные актуальные вопросы, связанные с экологией (Ибрагимов и соавт., 2022; Осянин & Петрунина, 2020; Хайруллина, 2021). Акцентируется внимание, что Российская Федерация является частью глобальной экономики и состояние мясной отрасли отражает тенденции, происходящие в мировом масштабе. Увеличение производства мяса авторы публикаций связывают с его постоянным спросом со стороны населения, численность которого, по данным исследователей, возрастет к 2070 году до 10,3 млрд человек (Lewisch & Riefer, 2023). В статьях отмечается неравномерность производства мяса по видам и странам, но общие объемы мяса демонстрируют рост в течении многих лет (Лисковецкая, 2021; Сударев и соавт., 2022; Alibekov et al., 2024). Аналитика показателей мирового производства мяса свидетельствует, что в 2020 году объемы составляли около 252,6 млн тонн, в 2023 году — 364 млн тонн, а к 2033 году, по данным ФАО, планируется произвести 388 млн тонн¹ (Sabumon, 2023; Karabasil et al., 2023). Исследованиями утверждается, что мировое производство мяса за последние 50 лет увеличилось в три раза и составляет 340 миллионов тонн в год (Alibekov et al., 2024).

Для оценки состояния производства мяса в Российской Федерации за последние пять лет (2019–2023 гг.), его потреблении и удовлетворении запросов экспорта в другие страны проведен анализ статистических данных Росстата, представленных на Рисунках 1, 2, 3.

Из данных статистики, отображаемых на Рисунке 1 следует, что производство мяса в России за пять последних лет увеличилось на 109,8 %.

Из данных статистики, отображаемых на Рисунке 2 следует, что потребление мяса в России за пять последних лет увеличилось на 106,7 %. За прошедший 2023 год получены рекордные цифры потребления мяса — 80,8 кг

¹ OECD/FAO (2024). Meat. Growth of meat production by meat type, 2033 vs. 2021–23. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2024–2033*. <https://doi.org/10.1787/dd01d109-en>.

Рисунок 1

Статистические данные о производстве мяса в Российской Федерации с 2019 по 2023 гг.

Figure 1

Statistical Data on Meat Production in the Russian Federation from 2019 to 2023

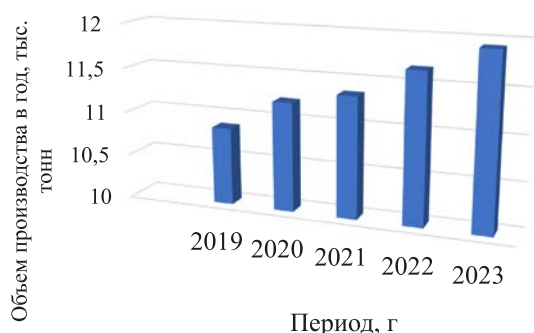


Рисунок 2

Статистические данные о потреблении мяса в Российской Федерации с 2019 по 2023 гг.

Figure 2

Statistical Data on Meat Consumption in the Russian Federation from 2019 to 2023

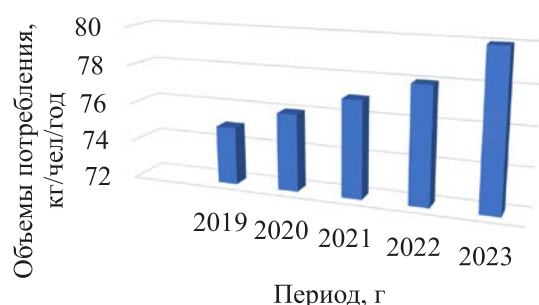
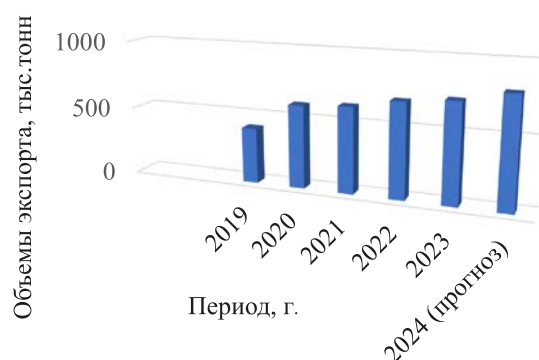


Рисунок 3

Статистические данные об объемах экспорта мяса в Российской Федерации с 2019 по 2023 гг.

Figure 3

Statistical Data on Meat Export Volumes in the Russian Federation from 2019 to 2023



на человека, а прогнозный рост на 2024 год составляет 83кг. В структуре преобладает мясо птицы и свинины — 35,4 кг и 30,9 кг соответственно² (Тютюма и др., 2022). В 2024 году эксперты прогнозируют рост потребления мяса птицы на 0,5 кг, свинины — на 1,3 кг³.

Из данных статистики, отображаемых на Рисунке 2 следует, что экспорт мяса из России за пять последних лет увеличился на 197,5 %. Исследователи прогнозируют дальнейшее возрастание мирового спроса на мясо и, соответственно, рост российского экспорта (Гончаров и соавт., 2020; Baltenweck et al., 2020; Khan et al., 2024; Laurett et al., 2021), что потребует дальнейшего наращивания производства. Из материалов научных публикаций прослеживается стремление многих авторов усилить внимание производителей на проблему дисбаланса между наращиванием производства мяса, накоплением отходов и внедрением технологий переработки (Ибрагимов, 2019; Тюрин и соавт., 2023; Bilska et al., 2020; Lipinski, 2020; Ungureanu et al., 2023; Kowalski et al., 2021).

Отходы мясной промышленности — проблемы и решения

В материалах научных статей констатируется, что отходы мясных отраслей в мировом масштабе составляют около 18 млн тонн, в Европе их накопление достигает 10 млн тонн (Кузлякина & Юрчак, 2017; Ungureanu et al., 2023). Авторы уточняют, что на утилизацию направляются 931 млн т. съедобных продуктов, в числе которых находятся мясные, которые образуются от стадии выращивания скота до потребления мясoproductов (Kilibarda et al., 2023). Как отмечают исследователи, самое негативное воздействие на окружающую среду оказывают отходы мясной промышленности, достигающие 50 % — 60 % от массы убойного скота (Кузлякина & Юрчак, 2017; Kim et al., 2020; Sharma et al., 2021; Chowdhury et al., 2022). Данные российской статистики свидетельствуют, что при производстве 1 кг мяса образуется от 0,5 до 1 кг отходов (Углов и соавт., 2020, с.40). Остатки животного происхождения наносят вред внешней среде образованием парниковых газов, активным разложением биоматериала, имеющим токсическое и инфекционное воздействие на здоровье человека и животных (Bilska et al., 2020; Lipinski, 2020). В России объем низкоценных вторичных продуктов переработки сельскохозяйственного сырья, включая мясные отходы, достигает 50 млн

² Дубинская, В. Текущие тенденции в свиноводстве России и целевые ориентиры до 2030 года. (2024). *Ценовик*, (8), 14–20. Получено из <https://www.tsenovik.ru/articles/aktualnye-intervyu/tekushchie-tendentsii-v-svinovodstve-rossii-i-tselevye-orientiry-do-2030-goda/>

³ Названы российские регионы — лидеры по производству молока и мяса. (2024). Получено из <https://svoevse.ru/news/355>

тонн, большая часть которых не находит повторного использования, что приводит к серьезным социально-экологическим и экономическим проблемам (Ибрагимов, 2019; Порфирьев, 2020; Тюрин и соавт., 2023). Переход мясоперерабатывающих производств в режим экологической безопасности является одной из основных задач отрасли и соответствует программе устойчивого развития до 2030 года, принятой в Организации Объединённых Наций для большинства стран (Порфирьев, 2020; Suychinov et al., 2024; Shurson, 2020). Согласно положениям международной программы устойчивого развития, предусматривается переход предприятий от этапа «производство — утилизация» к системе регенерации отходов и их повторного использования в режиме «производство — использование — регенерация — повторное использование», где ведущую роль займут современные технологии переработки (Балякина и др., 2021; Горбунова & Петрунина, 2023; Петрунина & Горбунова, 2024; Кузлякина & Замула, 2020; Рамазанов и др., 2024; Ferronato et al., 2021; Martin-Rios et al., 2022).

Современные направления переработки отходов мясной отрасли

Общие вопросы мясоперерабатывающих производств, связанные с образованием отходов

При подготовке настоящего систематического обзора из материалов статей сложились два аспекта, которые заслуживают особого внимания. Исследователями отмечено, что, во-первых, проблема образования отходов начинается с технического несовершенства основного производства как в целом, так и на отдельных его участках. Выявлена недостаточность комплексного видения экологических проблем в управлении, внимание которого концентрируется на переработке отходов без глубокого исследования технических возможностей самого производства. Второй аспект, активно обсуждаемый в публикациях, — это недостаточное внимание к очистке сбросов сточных вод, имеющих как микробиологическую контаминацию, так и концентрацию обеззараживающих средств.

Для решения первой задачи авторы научных статей последних лет предлагают модернизацию основного производства. Рассматривается современная автоматизация и роботизация процессов разделки, обвалки и измельчения мяса, которая позволят ускорить технологический процесс, снизить время контактной контаминации, и на этой основе — обеспечить более длительную свежесть продукции и пролонгацию сроков годности (Echegaray et al., 2022). Обсуждается, что модернизация позволит стандартизировать процессы и их оцифровать; упорядочить отходы и потери, обеспечить независимость процессов от квалификации исполните-

лей работ. Предлагаемая авторами цифровизация процессов мясопереработки позволит отследить цепочку поставок, предупредить фальсификацию, контролировать сроки годности с использованием технологий блокчейна, увеличить и ускорить реализацию путем интернет-оповещений и обмена информации, тем самым — сократить отходы и потери (Никитина и соавт., 2020; Echegaray et al., 2022). Исследователями подчеркивается, что именно в области мясной промышленности, в настоящее время, проведено недостаточное число исследований, которые могли бы сформировать потенциально эффективные цифровые инструменты, связывающие управление, устойчивое развитие, логистику для регулирования цепей образования отходов (Davoudi et al., 2024). То есть, модернизация и цифровизация производств является общей перспективной задачей в решении проблем с отходами.

Второй аспект, касающийся отходов мясопереработки, — это очистка сточных вод (Никифоров, 2023; Тюрин и соавт., 2023; Baskar et al., 2022; Ragasri & Sabumon, 2023). Масштабы экологического воздействия сточных вод оценивались российскими исследователями, констатирующие в своих трудах, что мясоперерабатывающие предприятия ежегодно используют около 60 млн м³ воды для нужд предприятия, которые очищаются не более, чем на 50 %. Объемы канализационных стоков с жидкими отходами достигают 46 млн м³, контаминированы химическими и микробиологическими веществами (остатки кормов, соли, обеззараживающие средства, возможная патогенная микрофлора) и составляют до 77 % в общем объеме сточных вод (Kulikova et al., 2020).

Авторы Ragasri & Sabumon (2023) перечисляют пути очистки производственных стоков методами флотации растворенным воздухом, использованием мембран, электрокоагуляции, биологических методов аэробного, бескислородного, анаэробного дыхания и продвинутых окислительных процессов. Отмечается, что выбор метода зависит от стандартов, принятых в конкретной стране. Из всех способов очистки сточных вод указывается на преимущество использования замкнутого цикла адсорбционной очистки с повторным восстановлением адсорбентов и их безопасной утилизации (Baskar et al., 2022) как самого экологичного варианта. Описывая эффективность современных методов очистки сточных вод, содержащих белковую составляющую, Никифоров (2023), указывает на различие затрат по приобретению оборудования очистки и предлагает новую эффективную модель установки, которая может быть настроена на разный уровень очистки и имеет экономный бюджет для предприятий разной мощности и характера загрязнений.

Таким образом, работа с отходами предприятий мясной отрасли предусматривает общий комплексный подход

к решению проблем, начиная с вопросов модернизации и цифровизации основного производства, как начального этапа образования отходов и обеззараживания стоков, как конечного этапа, что должно быть взято во внимание производителей.

Технологии извлечения отдельных компонентов из отходов мясоперерабатывающих производств для работы смежных отраслей

Отходы биологической природы содержат значительное количество химических элементов и соединений, которые могут быть использованы в различных отраслях и куда они могут быть направлены предприятиями мясной промышленности. В научных публикациях приводятся различные технологии извлечения компонентов с целью их дальнейшего использования на других производствах. Описано использование химического растворения отходов мясоперерабатывающих производств в серной (96 %) и ортофосфорной (85 %) кислотах для извлечения азота с последующим производством удобрений (Izydorczyk et al., 2022). Технология модификации мясокостного сырья гидролизным методом под действием высоких температур до 140 °С и повышенного давления в водной среде до 0,62 Мпа с последующей сушкой протеиновых фракций на лиофильной установке при температуре конденсатора минус 55 °С и конвекционным способом при 105 °С позволила извлечь ценные протеиновые, жировые и минеральные вещества для производства пищевых и кормовых добавок, биологически активных добавок к пище остеотропной и геродетической направленности, микробиологических сред, кормов для аквакультуры, жировых композиций (Мезенова и соавт., 2020). Универсальность этой технологии и актуальность продукции на рынке может привлечь внимание переработчиков вторичного сырья и предприятия мясной отрасли в плане работы с отходами. Описано использование костных мясных отходов в производстве гидроксиапатитовой золы термическим способом, которую можно использовать для производства пищевой фосфорной кислоты, а также для производства пищевых моно- и дикальциевых кормовых фосфатов на химических производствах (Kowalski et al., 2021).

Направление использования отходов в медицинских и фармацевтических целях

Основу внимания по использованию отходов мясной промышленности в медицинских и фармацевтических целях составляет кровь животных. По данным исследований из 100 кг веса убойного скота извлекается от 3

до 5 кг крови, большая часть которой направляется в отходы, а тем не менее, кровь содержит более 100 различных белков, обладающих функциональными свойствами (Chiroque et al., 2023). Использование крови животных известно давно, поскольку выявлены ее питательные, пенообразующие, эмульгирующие, красящие свойства (Jayathilakan et al., 2011). Однако, чаще всего на мясоперерабатывающих предприятиях кровь используется в технологиях производства кровяной колбасы, зельцев, реализация которых специфична для потребителя и небольшой спрос порождает образование отходов из неиспользованной крови.

Информация в исследовательских статьях показывает, что достаточно большой спектр использования крови животных и ее плазмы находится в области медицины и фармацевтической отрасли. Предприятия мясной промышленности могут замораживать и накапливать кровь с применением биоконсервантов, доставлять в объекты переработки, тем самым получать добавленную стоимость от их закупки, либо от полученной новой продукции. Из плазмы крови извлекаются отдельные компоненты, такие как фибриноген, фибринолизин, серотонин, иммуноглобулины, используемые для изготовления фармацевтических препаратов. В научной литературе приводятся данные об использовании альбумина крови в препарате, позволяющему восполнять потерю жидкости и крови у животных (Jayathilakan et al., 2011). Его же используют в производстве тестов на определение резус-фактора и тестов на чувствительность к антибиотикам у людей, в качестве стабилизатора при производстве вакцин. Несъедобные внутренние органы и железы также могут замораживаться до температуры -18 °С, доставляться на фармакологический завод или биотехнологическое производство, где отходы подвергаются проверке, измельчению, смешению с различными растворами для экстракции, сушки и производства гормональных препаратов и ферментов (Jayathilakan et al., 2011). Известно использование желез крупного рогатого скота для получения лекарственных препаратов по лечению главных функциональных систем организма человека и его иммунитета: церебролизин, миелопид, липоцеребрин, непарин, лидаза, ацедин-пепсин и другие⁴. Идентифицировано двадцать шесть биоактивных пептидов с антигипертензивными свойствами, включая RBC7 (TPYPCV), RBC9 (FLCT) и RBC15 (VVYPWR) из эритроцитов свинной крови, которые имеют большую активность в снижении кровяного давления у человека, а гидролизат фракции клеток крови, полученной с использованием мембранного реактора и различных ферментов, является источником получения биоактивных пептидов с антиоксидантной активностью, что очень актуально для производства лекарственных средств по-

⁴ Коваленко, Л.Ю. Производство без отходов: возможности переработки побочного мясного сырья. (2019). Получено из: <https://agbz.ru/articles/proizvodstvo-bez-othodov--vozmojnosti-pererabotki-pobochnogo-myasnogo-syrya/?ysclid=m4v4wkvb8g29149044>

вышенного спроса в условиях современности (Chiroque et al., 2023).

Для профилактики заболеваний опорно-двигательного аппарата разработана оригинальная технология получения пищевого коллагена из шёрстных и мясокостных субпродуктов убойных животных с использованием предварительного измельчения, обезжиривания, деминерализации при pH = 3,0–3,5, зольности при pH = 7,5, фильтрации, пастеризации, охлаждения и добавления витаминного субстрата (Асланова и соавт., 2024). Технология может использоваться в производстве функциональных пищевых продуктов направленного действия.

В последнее время в медицинских и фармацевтических целях стали широко использоваться кости животных. Из костных остатков получают остеопластический материал для производства средств восстановления опорно-двигательного аппарата, стоматологических гелей и зубной керамики (Seredin et al., 2022; Kowalski et al., 2021).

Биоактивные пептиды, получаемые из мясных отходов, имеют противомикробное, иммуномодулирующее, противовоспалительное действие на здоровье человека, считаются альтернативой для профилактики метаболических заболеваний, менее аллергенны и стали более востребованы в фармацевтической и медицинской сферах (Cruz-Casas et al., 2021), что может служить интересом для производителей мяса в планах смежной работы.

Использование отходов на пищевые и кормовые цели

Ферментативным гидролизом с последующим высушиванием методом распылительной сушки был получен белковый гидролизат из плазмы крови животных, который явился основой пенных напитков и взбитых коктейлей с повышенной пищевой ценностью (Омаров и соавт., 2019). Перспективное использование натурального пенообразователя для изготовления напитков может расширить сферу применения крови, путем ее поставки от мясоперерабатывающих предприятий на производства, имеющего технологии распылительной сушки, либо имеется перспектива создания собственного смежного производства.

Выделенная фракция гемоглобина из крови животных после окисления аскорбиновой кислотой до метгемоглобина позволила получить натуральный краситель, который окрашивает в красно-коричневые цвета мясные, кондитерские и шоколадные изделия с возможностью регулирования оттенков. Помимо окрашивания, сухой гемолизат используется как устойчивый эмульгатор в производстве кондитерской и мясной продукции,

является обогащающей добавкой за счет содержания белка и органического железа в производстве продуктов антианемической направленности (Омаров и соавт., 2023). Об аналогичных функционально-технологических свойствах белковых субстратов крови отмечает в своей статье Chiroque et al. (2023), указывая на их применение в различных пищевых продуктах, таких как шоколад, печенье, напитки, жевательные резинки, экструдированные продукты. Это является еще одной перспективной реализацией крови животных от мясоперерабатывающих производств в предприятия биотехнологической переработки и далее — в пищевую промышленность.

Примером доступного подхода является использование в производстве колбасных изделий вторичного коллагенсодержащего сырья вместо основного мясного, обработанного методом ферментации с применением культур *Lactobacillus bulgaricus*, *Bifidumbacterium sicum*, *Staphilococcus carnosus* (Gizatova et al., 2021). При этом не ухудшались потребительские свойства конечного продукта, отмечалась сбалансированность состава, улучшение консистенции.

Способ использования в кормовых целях отходов животного происхождения от 10 до 80 % отмечен в статье В.А. Углова и соавторов (2020). Предлагается смешение мясных и растительных отходов, их измельчение, экструдирование массы при высоком давлении и температуре. Проводится стерилизация массы в режимах, обеспечивающих сохранение питательной ценности получаемого корма (Углов и соавт., 2020). Метод уникален тем, что можно использовать любые отходы, включая падших животных.

Для кормления цыплят-бройлеров разработана технология физико-химической обработки коровьей кожи, которая трансформируется в гидролизат желатина, богатого пептидами (Nouri et al., 2020).

Смесь опавших листьев бальзамического тополя *Populus balsamifera* L. и повислой берёзы *Betula pendula*, боенской крови, измельченных мясокостных отходов с использованием дрожжевых культур из отходов пивоваренного производства использовались в технологии производства биоэффективных кормов для поросят, что было опубликовано в работе А.И. Иванкина и М.И. Бабуриной (2023).

Технология автоклавирования мясокостных отходов при температуре 140 °C и давлении 0,62 МПа с последующим лиофильным высушиванием используется в технологии производства сублимированного протеинового гидролизата — основы биологически активных добавок к пище и кормов для животных. Метод описан в работе Мезеновой и соавторов (2020), является привлекательной инвестицией для производителей мяса.

Трахеи убойного скота предлагались к введению в мясокостные бульоны с последующей сушкой и получением обогащенных сухих концентратов бульонов с хондропротекторным действием, что может использоваться непосредственно на мясоперерабатывающих предприятиях для получения сопутствующей продукции с добавленной стоимостью (Бабурина и соавт., 2023).

Технология производства обогащенных вареных колбасных изделий представлена в работе Бабуриной и соавторов (2023), которые предлагают внесение протеиновой эмульсии из репродуктивных свиных желез в фаршевую массу колбас. Способ обеспечивает полный набор незаменимых аминокислот и эссенциальных непредельных жирных кислот в получаемых продуктах, которые могут принести эффект в лечебно-профилактическом питании.

Анализ данных статистики о производстве и потреблении мяса в мировом масштабе на современном этапе свидетельствует о положительном тренде до 2033 года (Sabumon, 2023; Karabasil et al., 2023). Россия, как участник глобальной экономики, имеет те же мировые закономерности, что подтверждается данными статистики о производстве и потреблении мяса: за последние пять лет с 2019 по 2023 гг. производство мяса возросло на 9,8 %, экспорт увеличен на 97,5 %, потребление мяса увеличилось на 6,7 %^{5,6}.

Рост производства мяса неизбежно приводит к увеличению объема отходов. В исследованиях отмечается, что отходы от переработки мясной туши составляют до 50 % массы (Kim et al., 2020), а до 23 % продукции мясного сектора теряются или выбрасываются (Karwowska et al., 2021), что представляет серьезную экологическую проблему (Karwowska et al., 2021; Raihan, 2023), которая остаётся неразрешенной, в том числе, ввиду отсутствия современных технологий переработки на самих пред-

приятиях и отсутствия информации об опыте других в систематизированном виде (Monastirskii et al., 2022).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрено, что ввиду неоднородности отходов мясоперерабатывающих производств, пути и технологии их преобразования достаточно сложны для реализации на объектах отрасли. Однако, на современном этапе, разработаны и успешно используются уникальные технологии переработки практически любых отходов, которые необходимо доводить до производителей мясоперерабатывающих предприятий в систематизированных дайджестах. Это позволит расширить знания о технологиях производства смежной продукции из вторичного сырья, пересматривать управленческие решения и интегрироваться со смежными отраслями, находящимися в районе местонахождения, для взаимодействия и выработки актуальной продукции.

Нельзя не отметить важность предлагаемой исследователями цифровизации мясной отрасли, вопрос которой активизируется в публикациях последнего времени. Авторы статей констатируют, что вполне реально уже в настоящее время внедрить технологии блокчейна, что повысит реализацию продукции за счет ее отслеживания и вытеснения контрафактной продукции, позволит быстро реализоваться товарам в пределах сроков годности, что не допустит образования отходов из просроченных продуктов.

Новые технологии и технические инновации имеют потенциал кардинально изменить мясоперерабатывающий бизнес,кратно уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду, создать экономически устойчивый эволюционный путь устойчивого развития, завоевать благоприятный имидж.

⁵ Росстат.(2024). Социально-экономическое положение России (январь-июнь 2024 года). Получено из <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/50801>

⁶ Росстат.(2024). Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации (2019–2024гг). Получено из <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278>

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Асланова, М. А., Деревицкая, О. К., Солдатова, Н. Е., & Боро А. Л. (2024). Пищевой коллаген: биологическая ценность и отличительные признаки. *Мясная индустрия*, (4), 22–24. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2024-04-22-24>
- Aslanova, M. A., Derevickaya, O. K., Soldatova N. E., & Bero A. L. (2024). Food grade collagen: biological value and distinctive features. *Meat Industry*, (4), 22–24. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2024-04-22-24> (In Russ.)
- Бабурина, М. И., Кузнецова, Т. Г., & Иванкин, А. Н. (2023). Переработка костно-хрящевой ткани сельскохозяйственных животных в продукты хондопротекторного действия. *Мясная Индустрия*, (11), 20–23. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-11-20-23>
- Baburina, M. I., Kuznetsova, T. G. & Ivankin, A. N. (2023). Processing of bone and cartilage tissue of farm animals into products of chondroprotective action. *Meat Industry*, (11), 20–23. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-11-20-23> (In Russ.)
- Бабурина, М. И., Кузнецова, Т. Г., Мотовилина, А.А. & Иванкин, А. Н. (2023). Формирование рецептур мясной системы с использованием эндокринно-ферментного сырья. *Мясная Индустрия*, (3), 18–22. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-03-44-48>
- Baburina, M. I., Kuznetsova, T. G., Motovilina, A. A. & Ivankin, A. N. (2023). Formation of meat system recipes using endocrine enzyme raw materials. *Meat Industry*, (3), 18–22. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-03-44-48>. (In Russ.)
- Балякина, К. Д., Детиненко, С. А., & Чернегов, Н. Ю. (2021). Переработка вторичных ресурсов как метод повышения эффективности деятельности предприятия АПК. *Modern Science*, 4(1), 77–86.
- Balyakina, K. D., Detinenko, S. A., & Chernegov, N. Yu. (2021). Recycling of secondary resources as a method of increasing the efficiency of an agro-industrial complex enterprise. *Modern Science*, 4(1), 77–86. (In Russ.)
- Гончаров, В.Д., Балакирев, Н.А. & Селина, М.В. Производство продукции животного происхождения в России. (2020). *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, (82), 133–137. <http://doi.org/10.21515/1999-1703-82-133-137>
- Goncharov, V.D., Balakirev, N.A. & Selina, M.V. Animal origin products output in Russia. (2020). *Trudy Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*, (82), 133–137. <http://doi.org/10.21515/1999-1703-82-133-137> (In Russ.)
- Горбунова, Н. А., & Петрунина, И. В. (2023). Проблемы использования отходов при производстве продукции предприятиями мясной отрасли. *Мясная Индустрия*, (9), 32–36. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-09-32-36>
- Gorbunova, N. A., & Petrunina, I. V. (2023). Waste management problems in manufacturing products by enterprises of the industry. *Meat Industry*, (9), 32–36. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-09-32-36> (In Russ.)
- Ибрагимов, А. Г. (2019). Экологические проблемы сельского хозяйства. *Аграрная Наука*, (4), 73–75. <http://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-324-4-73-75>
- Ibragimov, A. G. (2019). Ecological problems of agriculture. *Agrarian Science*, (4), 73–75. <http://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-324-4-73-75> (In Russ.)
- Ибрагимов, А.Г., Платоновский, Н.Г., Романюк, М.А., Сухарникова, М.А. & Чекмарева, Н.В. (2022). Развитие мясной отрасли в России: состояние и перспективы. *Зоотехния*, (12), 26–29. <http://doi.org/10.25708/ZT.2022.19.10.008>
- Ibragimov, A.G., Platonovsky, N.G., Romanyuk, M.A., Sukharnikova, M.A. & Chekmareva, N.V. (2022). Development of the meat industry in Russia: status and prospects. *Journal Zootechniya*, (12), 26–29. <http://doi.org/10.25708/ZT.2022.19.10.008> (In Russ.)
- Иванкин, А.Н. & Бабурина, М.И. (2023). Переработка мясорастительных отходов в кормовые добавки в присутствии дрожжевых протеаз. *Мясная Индустрия*, (7), 46–50. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-07-46-50>
- Ivankin, A.N. & Baburina, M.I. (2023). Processing of meat-and-plant waste into feed additives in the presence of yeast proteases. *Meat Industry*, (7), 46–50. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-07-46-50> (In Russ.)
- Кузлякина, Ю. А. & Замула, В. С. (2020). Практика управления экологическими рисками на мясоперерабатывающем предприятии. *Все о мясе*, (6), 19–22. <http://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-6-19-22>

- Kuzlyakina, Yu. A. & Zamula, V. S. (2020). Environmental risk management practice at a meat processing plant. *Vse o Myase*, (6), 19–22. <http://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-6-19-22> (In Russ.)
- Кузлякина, Ю. А., & Юрчак, З. А. (2017). К вопросу экологической безопасности: побочное сырье и отходы мясной промышленности. *Все о мясе*, (6), 29–31.
- Kuzlyakina, Yu. A., & Yurchak, Z. A. (2017). Environmental safety problem: by-products and waste of the meat industry. *Vse o Myase*, (6), 29–31. (In Russ.)
- Лисковецкая, Т.П. (2021). Производство и потребление мяса в мире: текущая ситуация и перспективы. *АПК: экономика, управление*, (7), 47–56. <https://doi.org/10.33305/217-47>
- Liskoveckaya, T.P. (2021). World meat production and consumption: current situation and prospects. *AIC: Economics, Management*, (7), 47–56. <https://doi.org/10.33305/217-47> (In Russ.)
- Мезенова, Н. Ю., Агафонова, С. В., Мезенова, О. Я., Байдалинова, Л. С. & Бедарева, О. М. (2020). Исследование процесса модификации мясокостного сырья крупного рогатого скота методом высокотемпературного гидролиза. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, (1), 18–26. <http://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-1-18-26>
- Mezenova, N. Yu., Agafonova, S. V., Mezenova, O. Ya., Bajdalinova, L. S., & Bedareva, O. M. (2020). The process of modifying cattle meat and bone raw materials by high-temperature hydrolysis. *Processes and Food Production Equipment*, (1), 18–26. <http://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-1-18-26> (In Russ.)
- Никитина, М. А., Осянин, Д. Н. & Петрунина, И. В. (2020). Цифровые технологии – инновационные решения для сельского хозяйства. *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*, 1(38), 127–132. <http://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-1-127-132>
- Nikitina, M. A., Osyenin, D. N., & Petrunina, I. V. (2020). Digital technologies – innovative solutions for agriculture. *Electrical Engineering and Electrical Equipment in Agriculture*, 1(38), 127–132. <http://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-1-127-132> (In Russ.)
- Никифоров, Л.Л. (2023). Модульная установка водоочистки. *Мясная Индустрия*, (3), 50–52. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-03-50-52>
- Nikiforov, L.L. (2023). Modular unit of water purification. *Meat Industry*, (3), 50–52. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-03-50-52> (In Russ.)
- Омаров, Р. С., Антипова, Л. В. & Шлыков, С. Н. (2019). Получение сухой белковой композиции на основе модифицированной плазмы крови. *Вестник КрасГАУ*, 1(142), 145–149.
- Omarov, R. S., Antipova, L. V. & Shlykov, S. N. (2019). The production of dry protein composition based on modified blood plasma. *Bulletin of KSAU*, 1(142), 145–149. (In Russ.)
- Омаров, Р.С., Шлыков, С.Н., Антипова Л.В. & Моргунова, А.В. (2023). Использование крови сельскохозяйственных животных для создания продуктов антианемической направленности. *Технологии Пищевой и перерабатывающей Промышленности АПК – Продукты Здорового Питания*, (4), 188–194. <http://doi.org/10.24412/2311-6447-2023-4-188-194>
- Omarov, R.S., Shlykov, S.N., Antipova L.V. & Morgunova, A.V. (2023). Using the blood of farm animals to create anti-anemic products. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex-Healthy Food Products*, (4), 188–194. <http://doi.org/10.24412/2311-6447-2023-4-188-194> (In Russ.)
- Осянин, Д. Н. & Петрунина, И. В. (2020). Анализ сырьевой базы предприятий мясной промышленности. *Мясная Индустрия*, (4), 16–21. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2020-4-16-21>
- Osyenin, D. N., & Petrunina, I. V. (2020). Analysis of raw material base of meat industry enterprises. *Meat Industry*, (4), 16–21. <http://doi.org/10.37861/2618-8252-2020-4-16-21> (In Russ.)
- Петрунина, И. В. (2023). Потери сырья и продуктов его переработки в животноводстве и мясной отрасли. *Все о Мясе*, (1), 8–11. <http://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-1-8-11>
- Petrunina, I. V. (2023). Losses of raw materials and products of their processing in animal husbandry and meat industry. *Vsyo o Myase*, (1), 8–11. <http://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-1-8-11> (In Russ.)
- Петрунина, И. В. & Горбунова, Н. А. (2024). Использование модели экономики замкнутого цикла в отдельных отраслях агропромышленного комплекса. *Пищевые системы*, 7(2), 231–237. <http://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-231-237>

- Petrulina, I. V. & Gorbunova, N. A. (2024). Using the model of closed-loop economy in certain branches of the agro-industrial complex, *Food Systems*, 7(2), 231–237. <http://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-231-237> (In Russ.)
- Порфи́рьев, Б. Н. (2020). Повышение эффективности обращения с отходами производства и потребления. *Проблемы прогнозирования*, 1(178), 123–125.
- Porfiryev, B. N. (2020). Improving the efficiency of production and consumption waste management, *Problemy Prognozirovaniya*, 1(178), 123–125. (In Russ.)
- Рамазанов, И. А., Николаева, М. А., & Рамазанов, С. А. (2024). Экосистемный подход как инструмент решения проблем мясного рынка. *Аграрная наука*, (5), 129–135. <http://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-129-135>
- Ramazanov, I. A., Nikolaeva, M. A., & Ramazanov, S. A. (2024). Ecosystem approach as a tool for solving meat market problems. *Agrarian Science*, (5), 129–135. <http://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-129-135> (In Russ.)
- Соколов, А. Ю. (2023). Отечественные разработки белковых систем типа «Коллаген» для решения задач отраслевого импортозамещения. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 200–211. <http://doi.org/10.36107/spfp.2023.326>
- Sokolov, A. Yu. (2023). Domestic developments of protein systems such as «collagen» for solving the problems of industrial import substitution. *Storage and Processing of Farm Products*, (1), 200–211. <http://doi.org/10.36107/spfp.2023.326> (In Russ.)
- Сударев, Н.П., Шаркаева, Г. А., Герасимов, А.А., Чаргеишвили, С.В., Абрамян, А.С. & Абдулалиев, М.М. (2022). Место России на мировом рынке производства и потребления мяса. *Аграрный Вестник Верхневолжья*, (38), 41–47. <http://doi.org/10.35523/2307-5872-2022-38-1-41-47>
- Sudarev, N.P., Sharkaeva, G. A., Gerasimov, A.A., Chargeishvili, S.V., Abramyan, A.S., & Abdulaliev, M.M. (2022). Place of Russia in the world market production and meat consumption. *Agrarnyj Vestnik Verhnevolzh'ya*, (38), 41–47. <http://doi.org/10.35523/2307-5872-2022-38-1-41-47> (In Russ.)
- Тютюма, Н. В., Айтпаева, А. А., & Беспалова, О. Н. (2022). Устойчивое развитие кормопроизводства как основа наращивания животноводческой продукции в регионе. *АгроЭкоИнфо*, (4), 1–10. <https://doi.org/10.51419/202124401>.
- Tyutyuma, N. V., Ajtpaeva, A. A., & Bepalova, O. N. (2022). Ustojchivoe razvitie kormoproizvodstva kak osnova narashhivaniya zhivotnovodcheskoj produkcii v regione. *AgroE'koInfo*, (4), 1–10. <https://doi.org/10.51419/202124401>. (In Russ.)
- Тюрин, В. Г., Родионова, Н. В., Бирюков, К. Н., Обухов, И. Л. & Авылов, Ч. К. (2023). Особенности экосистемы биологических прудов в процессе естественной очистки животноводческих стоков. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*, 2(46), 208–211. <http://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202302012>
- Tyurin, V. G., Rodionova, N. V., Biryukov, K. N., Obukhov, I. L., & Avylov, Ch. K. (2023) Features of the ecosystem of biological ponds in the process of natural treatment of livestock wastewater. *Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*, 2(46), 208–211. <http://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202302012> (In Russ.)
- Углов, В. А., Шелепов, В. Г., Бородай, Е. В., & Слечук, В. А. (2020). Перспективы использования вторичных ресурсов мясоперерабатывающих отраслей на основе патентных исследований. *Контроль качества и безопасности пищевой продукции*, 3(29), 39–46. <http://doi.org/10.31677/2311-0651-2020-29-3-39-46>
- Uglov, V. A., Shelepov, V. G., Borodaj, E. V., & Slepchuk, V. A. (2020). Prospects for using secondary resources of meat processing industries based on patent research. *Innovations and Food Safety*, 3(29), 39–46. <http://doi.org/10.31677/2311-0651-2020-29-3-39-46> (In Russ.)
- Федотова, Г. В., Джанчарова, Г. К., Капустина, Ю. А., & Болаев, Б. К. (2023). Перспективы развития мясного скотоводства России в условиях кооперации. *Аграрная Россия*, (11), 26–31. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2023-11-26-31>
- Fedotova, G. V., Dzhancharova, G. K., Kapustina, Yu. A., & Bolaev, B. K. (2023). Perspektivy razvitiya myasnogo skotovodstva Rossii v usloviyah kooperacii. *Agrarnaya Rossiya*, (11), 26–31. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2023-11-26-31> (In Russ.)
- Хайруллина, О. И. (2021). Тенденции производства и потребления основных видов мяса в России. *Креативная экономика*, 15(5), 2245–2260. <http://doi.org/10.18334/ce.15.5.112098>

- Khajrullina, O. I. (2021). Trends in the production and consumption of the main types of meat in Russia. *Creative Economy*, 15(5), 2245–2260. (In Russ.) <http://doi.org/10.18334/ce.15.5.112098> (In Russ.)
- Шабалина, Л. В., & Герасименко, А. А. (2020). Основные тренды развития мирового рынка мяса. *Вестник Донецкого национального университета. Серия В: Экономика и право*, (1), 156–163.
- Shabalina, L.V. & Gerasimenko, A.A. (2020). Osnovnye trendy razvitiya mirovogo rynka myasa. *Vestnik Doneckogo nacional'nogo universiteta. Seriya V: Ekonomika i pravo*, (1), 156–163. (In Russ.)
- Яковенко, Н. А. & Иваненко, И. С. (2024). Перспективы развития рынка мяса и мясной продукции России в условиях новых вызовов. *Аграрный вестник Урала*, 24(06), 838–848. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-838-848>
- Yakovenko, N. A. & Ivanenko, I. S. (2024). Perspektivy razvitiya rynka myasa i myasnoj produktsii Rossii v usloviyah novykh vyzovov. *Agrarnyj vestnik Urala*, 24(06), 838–848. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-838-848> (In Russ.)
- Alibekov, R.S., Alibekova, Z.I., Bakhtybekova, A.R., Taip, F.S., Urazbayeva, K.A., & Kobzhazarova, Z.I. (2024). Review of the slaughter wastes and the meat by-products recycling opportunities. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, (8), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1410640>
- Baltenweck, I., Enahoro, D., Frija, A. & Tarawali, S. (2020). Why Is Production of Animal Source Foods Important for Economic Development in Africa and Asia? *Animal Frontiers*, 10 (4), 22–29. <https://doi.org/10.1093/af/vfaa036>
- Baskar, A. V., Bolan, N., Hoang, S. A., Sooriyakumar, P., Kumar, M., Singh, L., Jasemizad, T., Padhye, L. P., Singh, G., Vinu, A., Sarkar, B., Kirkham, M. B., Rinklebe, J., Wang, S., Wang, H., Balasubramanian, R., & Siddique, K. H. M. (2022). Recovery, regeneration and sustainable management of spent adsorbents from wastewater treatment streams: A review. *Science of the Total Environment*, 822, 153555. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153555>
- Bilska, B., Tomaszewska, M., Kołożyn-Krajewska, D., Szczepański, K., Laba, R., & Laba, S. (2020). Environmental aspects of food wastage in trade — a case study. *Environmental Protection and Natural Resources*, 31(2), 24–34. <http://doi.org/10.2478/oszn-2020-0009>
- Chiroque, R. G. S., Cornelio-Santiago, H. P., Espinoza Espinoza, L. A., & Moreno Quispe L.A. (2023). A Review of Slaughterhouse Blood and its Compounds, Processing and Application in the Formulation of Novel Non-Meat Products. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 11(2):549–559 <https://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.11.2.06>
- Chowdhury, M. W., Nabi, M. N., Arefin, M. A., Rashid, F., Islam, M. T., Gudimetla, P., & Mueen, S. M. (2022). Recycling slaughterhouse wastes into potential energy and hydrogen sources: An approach for the future sustainable energy. *Bioresource Technology Reports*, (19), 101–133. <http://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101133>
- Cruz-Casas, D. E., Aguilar, C. N., Ascacio-Valdés, J. A., Rodríguez-Herrera, R. Cháñez-González, M. L., & Flores-Gallegos, A. C. (2021). Enzymatic hydrolysis and microbial fermentation: the most favorable biotechnological methods for the release of bioactive peptides. *Food Chemistry*, (3), 100047. <http://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100047>
- Echegaray, N., Hassoun, A., Jagtap, S., Tetteh-Caesar, M., Kumar, M., Tomasevic, I., Goksen, G. & Lorenzo, JM. (2022). Meat 4.0: Principles and Applications of Industry 4.0 Technologies in the Meat Industry. *Applied Sciences*, 12(14):6986. <https://doi.org/10.3390/app12146986>
- Eilert, S. J. (2020). The future of animal protein: feeding a hungry world. *Animal Frontiers*, 10 (4), 5–6. <https://doi.org/10.1093/af/vfaa033>
- Glišić, M., Bošković, C. M., Čobanović, N., Baltić, Mi. Ž., Drašković, V., Samardžić, S. & Zoran Maksimović, Z.. (2023). Agricultural Waste: A Source of Bioactive Compounds for Potential Application in Meat Products. *Meat Technology*, 64(2), 116–121. <https://doi.org/10.18485/meattech.2023.64.2.20>
- Gizatova, N., Gizatov, A., Zubairova, L., Mironova, I., Nigmatyanov, A., Chernyshenko, Y. & Pleshkov, A. (2021). Development of technology for the production of sausage produce using secondary collagen-containing raw materials. *International Journal of food studies*, (10), 282–295. <http://doi.org/10.7455/ijfs/10.2.2021.a1>
- Davison, T., Black, J. & Moss, J. (2020). Red meat — an essential partner to reduce global greenhouse gas emissions. *Animal Frontiers*, 10(4), 14–21. <http://doi.org/10.1093/af/vfaa035>
- Davoudi, S., Stasinopoulos, P. & Shiwakoti, N. (2024). Two Decades of Advancements in Cold Supply Chain Logistics for Reducing Food Waste: A Review with Focus on the Meat Industry. *Sustainability*, 16(16), 6986. <https://doi.org/10.3390/su16166986>

- Ferronato, G., Corrado, S., De Laurentiis, V. & Sala, S. (2021). The Italian meat production and consumption system assessed combining material flow analysis and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, (321), 128705. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128705>
- Hübel, C. & Schaltegger, S. (2022). Barriers to a sustainability transformation of meat production practices – An industry actor perspective. *Sustainable Production and Consumption*, (29), 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.004>
- Izydorczyk, G., Mikula, K., Skrzypczak, D., Witek-Krowiak, A., Mironiuk, M., Furman, K., Gramza, M., Moustakas, K. & Chojnacka, K. (2022). Valorization of poultry slaughterhouse waste for fertilizer purposes as an alternative for thermal utilization methods. *Journal of Hazardous Materials*, (424), 127328. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127328>
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K. & Bawa, A.S. (2011). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 278–293. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>
- Karabasil, N., Bošković, T., Kilibarda, N., Čobanović, N., Vičić, I. & Dimitrijević, M. (2023). Sustainable meat production. *Meat Technology*, 64(2), 133–135. <https://doi.org/10.18485/meattech.2023.64.2.23>
- Karwowska, M., Laba, S. & Szczepański, K. (2021). Food loss and waste in the meat sector – Why the consumption stage generates the most losses? *Sustainability*, 13(11), 6227. <https://doi.org/10.3390/su13116227>
- Khan, M.N., Sial, T.A., Ali, A. & Wahid, F. (2024). Impact of Agricultural Wastes on Environment and Possible Management Strategies. In Núñez-Delgado, A. (Eds.) *Frontier Studies in Soil Science*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50503-4_4
- Kilibarda, N., Karabasil, N., & Stojanović, E. (2023). Meat matters: tackling food loss and waste in the meat sector. *Meat Technology*, 64(2). 177–182. <http://doi.org/10.18485/meattech.2023.64.2.32>
- Kim, V. V., Galaktionova, E. A., & Antonevich, R. V. (2020). Food losses and food waste in the consumer market of the Russian Federation. *International Agricultural Journal*, 4, 1–20. <http://doi.org/10.24411/2588-0209-2020-10191>
- Kowalski, Z., Kulczycka, J., Makara, A., & Harazin, P. (2021). Quantification of material recovery from meat waste incineration – An approach to an updated food waste hierarchy. *Journal of Hazardous Materials*, (416), 126021. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126021>
- Kulikova, M. A., Kolesnikova, T. A., Gribut, E. A., Okovitaya, K. O., Surzhko, O. A., & Zemchenko, G. N. (2020). Research on waste management technologies in meat clusters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 421(2), 022064. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/421/2/022064>
- Laurett, R., Paço, A., & Emerson, M. (2021). Sustainable Development in Agriculture and its Antecedents, Barriers and Consequences – An Exploratory Study. *Sustainable Production and Consumption*, 27(6), 298–311. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.032>
- Lewisch, L., & Riefer, P. (2023). Cultured meat acceptance for global food security: a systematic literature review and future research directions. *Agricultural and Food Economics*, (11). <https://doi.org/10.1186/s40100-023-00287-2>
- Lipinski, B. (2020). Why does animal-based food loss and waste matter? *Animal Frontiers*, 10(4), 48–52. <https://doi.org/10.1093/af/vfaa039>
- Liu, J., Almeida, J. M., Rampado, N., Panea, B., Hocquette, É., Chriki, S., Ellies-Oury, M-P., & Hocquette J-F. (2023). Perception of cultured “meat” by Italian, Portuguese and Spanish consumers. *Nutrition and Food Science Technology*, (10), 1043618. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1043618>
- Martin-Rios, C., Arboleya, J.C., Bolton, J., & Erhardt, N. (2022). Editorial: Sustainable Food Waste Management. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, (6), 885250. <http://doi.org/10.3389/fnut.2023.1043618>
- Monastirskii, D., Kulikova, M. A., & Volchek A. (2022). An analysis of a waste management approach for pig farms. *Journal of Agriculture and Environment*, 11(39), 1–6. <http://doi.org/10.1051/bioconf/20224804001>
- Mohan, A., & Long, J.M. (2021). Valorization of wastes and by-products from the meat industry. *Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products*. Academic Press. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-824044-1.00010-6>
- Mustafa, E. A. (2023). Production of Halal Meat Using HACCP System: Idea and Implementation. In Ahmed Osman, O., Moneim Elhadi Sulieman, A. (Eds.), *Halal and Kosher Food*, (pp.395–408) Cham: Springer. http://doi.org/10.1007/978-3-031-41459-6_30

- Nouri, K., Khalaji, S., Zamani, F., & Saki, A. (2021). Acid hydrolysis of gelatin extracted from cow skin: Properties and potential for use as a source of small peptides and free amino acids for broiler chickens. *Animal Production Science*, 61(4), 399–411. <https://doi.org/10.1071/AN20411>
- Pinotti, L., Luciano, A., Ottoboni, M., Manoni, M., Ferrari, L., Marchis, D., & Tretola, M. (2021). Recycling food leftovers in feed as opportunity to increase the sustainable livestock production. *Journal of Cleaner Production*, 294 (10), 126290. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126290>
- Raihan, A. (2023). The influence of meat consumption on greenhouse gas emissions in Argentina. *Resources Conservation & Recycling Advances*, 19(4), 200183. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200183>
- Ragasri, S. & Sabumon, P.C. (2023). A critical review on slaughterhouse waste management and framing sustainable practices in managing slaughterhouse waste in India, *Journal of Environmental Management*, (327), 116823. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116823>
- Sabumon, P.C. (2023). A critical review on slaughterhouse waste management and framing sustainable practices in managing slaughterhouse waste in India. *Journal of Environmental Management*, 327(1), 116823. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116823>
- Seredin, P., Goloshchapov, D., Emelyanova, A., Buylov, N., Kashkarov, V., Lukin, A., Ippolitov, Yu., Khmelevskaya, T., Mahdi, I. A. & Mahdi, M. A. (2022). Engineering of biomimetic mineralized layer formed on the surface of natural dental enamel. *Results in Engineering*, (15), 100583. (In Russ.) <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100583>
- Sharma, S., Mitra, F., Imran, Z., & Verma, M. (2021). A brief review on the utilization of waste products from the meat industry. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, (8), 856–863. <http://doi.org/10.1007/s13202-021-01370-4>
- Shurson, G. K. (2020). "What a waste" — can we make animal food production systems more sustainable by recycling food waste into animal feed in an era of health, climate and economic crises? *Sustainability*, 12(17), 7071. <http://doi.org/10.3390/su12177071>
- Suychinov, A., Akimova, A., Kakimov, D. A., Zharykbasov, Y., Baikadamova, A., Okuskhanova, E., Bakiyeva, A., & Ibragimov, N. (2024). Revolutionizing meat processing: A nexus of technological advancements, sustainability, and cultured meat evolution. *Slovak Journal of Food Sciences*, (18), 331–346. <https://doi.org/10.5219/1957>
- Ungureanu, N., Vladut, V., Biris, S.S., & Gheorghita, N. E. Management of waste and by-products from meat industry. (2023). *International Symposium ISB-INMATEH — Agricultural and Mechanical Engineering* (pp.256–267). Bucharest: INMA.
- Yu, Y., Liang, Z., Liao, W., Ye, Z., Li, G., & An, T. (2021). Contributions of meat waste decomposition to the abundance and diversity of pathogens and antibiotic-resistance genes in the atmosphere. *Science of the Total Environment*, (784), 147128. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147128>