

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-231-237>

Поступила 05.04.2024

Поступила после рецензирования 13.05.2024

Принята в печать 17.05.2024

© Петрунина И. В., Горбунова Н. А., 2024



<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА В ОТДЕЛЬНЫХ ОТРАСЛЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Петрунина И. В.,* Горбунова Н. А.

Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

циркуляционная экономика, экология, природные ресурсы, отходы, пищевая промышленность

Пищевая промышленность, от сельскохозяйственного производства до внутреннего потребления продукции, ежегодно образует большое количество отходов, что приводит к загрязнению почвы, воды и воздуха. Отходы, полученные при переработке сельскохозяйственного сырья, а также при использовании вспомогательных материалов (таких как добавки, отдельные химические компоненты, топливо и прочее) усиливают воздействие пищевой цепи на окружающую среду, что приводит к истощению природных ресурсов. В последние годы производственные отрасли экономики, включая агропромышленный комплекс, пытаются поддерживать баланс между своим воздействием на окружающую среду, использованием ресурсов, благосостоянием населения и экономическими выгодами. Эта тенденция стимулирует интенсивное развитие теории циркулярной (циклической) экономики, или экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ), и способствует поиску методов ее реализации в реальной экономической системе. В статье обобщены основные особенности, присущие циркулярной экономике: усиленный контроль запасов ограниченных природных ресурсов и соблюдения устойчивого баланса возобновляемых ресурсов; оптимизация процессов потребления путем разработки и использования продукции, комплектующих и материалов, отвечающих самому высокому уровню их повторного использования; выявление и предотвращение негативных внешних эффектов текущей производственной деятельности с целью повышения эффективности экономической и экологической систем. При этом, несмотря на то, что концепция циркуляционной экономики была сформулирована несколько десятилетий назад, ее исчерпывающее определение все еще является предметом дискуссий. Неоднозначность имеющихся определений показывает, что понятие экономики замкнутого цикла имеет разное значение для заинтересованных сторон. В статье рассмотрены несколько аспектов использования элементов ЭЗЦ в отдельных отраслях агропромышленного комплекса, в том числе в мясной промышленности. В данной работе особое внимание уделяется внедрению современных технологий и оборудования для эффективной переработки отходов растениеводства, животноводства и мясного производства с целью их вовлечения в хозяйственный оборот. Отдельно рассмотрены экологические проблемы, возникающие в ходе деятельности предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, а также установлены возможности решения этих проблем путем внедрения модели циркулярной экономики. Выявлены риски и барьеры, препятствующие переходу России к модели циркулярной экономики. Авторами предложены мероприятия и направления научных исследований, нацеленных на разработку и внедрение элементов ЭЗЦ в мясном подкомплексе, включая связанные с ним отрасли АПК.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию НИР FGUS-2024–0001 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 05.04.2024

Accepted in revised 13.05.2024

Accepted for publication 17.05.2024

© Petrunina I. V., Gorbunova N. A., 2024

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

USING THE MODEL OF CLOSED-LOOP ECONOMY IN CERTAIN BRANCHES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Irina V. Petrunina,* Nataliya A. Gorbunova

V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

KEY WORDS:

circular economy, ecology, natural resources, waste, food industry

ABSTRACT

From agricultural production to domestic consumption of products, the food industry produces huge amounts of waste every year, which leads to contamination of soil, water and air. Waste created upon processing agricultural raw materials and using auxiliary materials, such as additives, certain chemical components, fuel and so on, enhances an impact of the food chain on the environment leading to depletion of natural resources. In the last few years, production branches of economy, including the agro-industrial complex, have made attempts to maintain the balance between their impact on the environment, the use of resources, well-being of the population and economic benefits. This trend stimulates the intensive development of the theory of circular (cyclic) economy or closed-loop economy and facilitates a search for methods of its realization in the real economic system. The paper summarizes the main specific features typical of circular economy: strengthened control of supply of limited natural resources and maintenance of the stable balance of renewable resources; optimization of consumption processes by development and use of products, components and materials that correspond to the highest level of their reuse; detection and prevention of negative external effects of current production activities to increase efficiency of the economic and ecological systems. With that, despite the fact that the concept of circular economy was formulated several decades ago, its comprehensive definition is still a subject of discussions. Ambiguity of the existing definitions shows that the concept of closed-loop economy has different meaning for stakeholders. The paper examines several aspects of using elements of closed-loop economy in certain branches of the agro-industrial complex, including the meat industry. A special attention in this work is given to the introduction of modern technologies and equipment for efficient processing of waste from crop husbandry, animal husbandry and meat production to include it into the economic turnover. In addition, ecological problems arising in the course of activities of enterprises of the food and processing industries are examined and the possibilities of solving these

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Петрунина, И. В., Горбунова, Н. А. (2024). Использование модели экономики замкнутого цикла в отдельных отраслях агропромышленного комплекса. *Пищевые системы*, 7(2), 231–237. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-231-237>

FOR CITATION: Petrunina, 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. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-231-237>

problems by introduction of the model of circular economy have been established. Risks and barriers preventing transition of Russia to the model of circular economy have been revealed. The authors propose measures and directions of scientific research aimed at the development and introduction of elements of closed-loop economy in the meat sub-complex, including related branches of the agro-industrial complex.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. № FGUS-2024-0001 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

1. Введение

Государства, входящие в Евразийский экономический союз (ЕАЭС), в декабре 2020 года определили Стратегические направления развития своей экономической интеграции на период до 2025 года. Одной из мер по реализации этих задач является внедрение моделей циркулярной экономики при осуществлении технического регулирования в рамках ЕАЭС в целях повышения энергоэффективности и ресурсосбережения¹.

В последние годы производственные отрасли экономики стремятся к поддержанию баланса между экономической выгодой, благосостоянием населения и сохранением окружающей среды. Эта тенденция вызвала интенсивное развитие теории циркулярной (циклической) экономики, или экономики замкнутого цикла, и способствовала поиску методов ее реализации в реальной экономической системе.

Циклическая экономика возникла в процессе эволюции классической модели линейной экономики, она направлена на обеспечение более эффективного потребления ресурсов и на их сбережение. На смену принципу классической линейной экономики «производство — использование — утилизация» на современном этапе развития технологий пришел принцип экономики замкнутого цикла: «производство — использование — регенерация — повторное использование» [1].

К основным факторам, вызвавшим необходимость перехода от принципов классической экономики к циркуляционной, можно отнести обеспечение эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения ввиду ограниченности и ценности природных ресурсов. Разработка и совершенствование новых промышленных технологий и управленческих практик позволяют сократить количество отходов, образующихся в процессе производства, без вреда для окружающей среды. Кроме того, принципы циркуляционной экономики способствуют обеспечению экологической устойчивости для преодоления последствий изменения климата, включая антропогенное воздействие [2,3].

Таким образом, реализация принципов циркулярной экономики направлена на сокращение негативного воздействия на окружающую среду при одновременном улучшении экономических и социальных показателей. В настоящее время большинство развитых и развивающихся стран широко используют меры государственного регулирования в целях перехода к модели циркулярной экономики (МЦЭ) [4].

Наиболее системное применение принципов циркулярной экономики наблюдается в Европейском Союзе, где реализуется План действий по экономике замкнутого цикла. Этот план направлен на формирование в Европе более экологически чистой и конкурентоспособной среды. Указанный План принят в рамках двух других инициатив ЕС в области устойчивого развития — «Зеленой сделки» и «Новой промышленной стратегии», предусматривающих рациональное использование природных ресурсов и достижение климатической нейтральности к 2050 году [5].

В настоящее время развитию экономики замкнутого цикла в России придается важное значение на государственном уровне. Подтверждением этого вывода является принятие Правительством РФ перечня из 42 стратегических инициатив социально-экономического развития страны, которые будут реализовываться в форме федеральных проектов в два этапа — до 2024 года и до 2030 года включительно [6].

В целом экономику замкнутого цикла характеризует деятельность, позволяющая сокращать объемы используемых материалов, осуществлять их повторное применение и переработку в ходе производства, распределения и потребления различных видов продукции [7,8].

В настоящее время необходимо значительно усилить экологический контроль за состоянием окружающей среды в целях снижения риска истощения многих природных ресурсов. Помимо других отрицательных последствий, непринятие должных мер в этих вопросах грозит существенной нехваткой продовольствия для населения многих регионов. Указанную проблему можно решать разными способами, а не только путем максимального увеличения мощности технических средств, используемых для переработки сельскохозяй-

ственного сырья и для производства продукции. В данном случае речь не идет об отказе от определенных видов промышленной деятельности. Предлагается сделать акцент на широком внедрении научно-технических достижений в агропромышленном комплексе и природоохранной сфере, привлекая для этого необходимые интеллектуальные и материальные ресурсы [9].

Цель исследования — представить основные принципы циркулярной экономики в контексте продовольственной системы и оценить эффективность применения модели экономики замкнутого цикла в различных отраслях агропромышленного комплекса, ориентированных на производство продуктов питания.

2. Материалы и методы

Теоретической и методической основой исследования являлись систематизированные (обобщенные) данные из научных статей, опубликованных на английском и русском языках в период с января 2014 года по февраль 2024 года в базах данных Scopus, Google Scholar, Science Direct, eLibrary и РИНЦ. Дополнительно были использованы данные Федеральной службы государственной статистики, а также официальные законодательные и нормативные акты государственных органов РФ и специализированных организаций, регулирующие применение принципов экономики замкнутого цикла в пищевой промышленности с целью максимизации ее ресурсоемкости.

Методика расширенного литературного поиска, использованная для проведения исследования, состояла из двух этапов. На первом этапе был проведен поиск литературы с целью сбора репрезентативных исследований для достижения цели данной статьи; второй этап включал в себя процесс отбора источников, выполненный путем анализа названия и аннотации каждой публикации по ключевым словосочетаниям и фразам: «циркуляционная экономика», связанная с терминами «пищевая цепочка», «сельскохозяйственные и пищевые отходы», «валоризация отходов», «переработка пищевого сырья», «продовольственная система», «ресурсосбережение», «устойчивое развитие».

Первоначально были отобраны документы, описывающие инструменты для анализа цикличности системы и оценки эффективности циркулярных стратегий. Затем внимание было сосредоточено на внедрении стратегий циркуляционной экономики в продовольственной системе, а также на анализе документов, в которых предлагаются и/или оцениваются показатели для измерения эффективности циркулярности в продовольственном секторе.

Для завершения окончательной выборки и отбора статей использовался метод «снежного кома», то есть метод вероятностной (цепной) выборки. В частности, список ссылок или цитат документа был использован для выявления дополнительных публикаций. Во внимание принимались только те документы, в которых был представлен подробный анализ, четко ориентированный на парадигму использования ЭЦЦ применительно к определенным аспектам продовольственной системы. Поиск литературы и нарастание «снежного кома» велись до тех пор, пока новые взаимосвязи и информация не перестали находиться. В результате исследования было отобрано 97 статей для рецензирования, и «снежный ком» завершил набор включением 52 документов. Дубликаты отсеивались и не рассматривались.

В данном исследовании предпринята попытка преодолеть имеющийся пробел в адаптации теоретической базы функционирования принципов циркуляционной экономики (экономики замкнутого цикла) к области агропродовольственного производства: 1) путем адаптации общей структуры и моделей циркуляционной экономики к особенностям сельскохозяйственного и продовольственного сектора; 2) путем сбора имеющихся в настоящее время показателей и индикаторов, а также с помощью анализа их сферы применения для оценки эффективности систем замкнутого цикла агропродовольственного производства.

3. Трактовка понятия «циркулярная экономика»

Становление циркулярной экономики как научно обоснованной концепции происходило в несколько этапов, начиная с 1970 года. В качестве ранних наиболее емких исследований методов и условий перехода к модели циркулярной экономики следует отметить Уол-

¹ Решение Высшего совета Евразийского экономического союза от 11.12.2020 № 12 «О Стратегических направлениях развития евразийской экономической интеграции до 2025 года».

тера Стахеля [10,11] и Эллен Маккартур, которая основала фонд The Ellen MacArthur Foundation, специализирующийся на концептуальных исследованиях в этой области [10,12,13].

Несмотря на то, что концепция циркуляционной экономики была сформулирована несколько десятилетий назад, ее определение и концептуализация до сих пор остаются открытым вопросом [14]. Авторы Kirchherr et al. обнаружили 114 различных определений экономики замкнутого цикла в рецензируемых статьях, программных документах и консультационных отчетах [15]. Разнообразие этих определений показывает, что понятие ЭЗЦ имеет разное значение для разных заинтересованных сторон. Несмотря на то, что большинство определений описывают ЭЗЦ как применение принципов 3R (сокращение, повторное использование, переработка), некоторые из них не учитывают необходимость системных изменений. Кроме того, во многих определениях не подчеркивается роль бизнес-моделей и потребителей в качестве агентов ЭЗЦ. Одним из ключевых недостатков большинства существующих показателей циркулярности [14,16] является то, что лишь немногие эксперты учитывают связь концепции ЭЗЦ с устойчивым развитием во всех трех измерениях — в социальном, экономическом и экологическом [15].

Отдельными исследователями ЭЗЦ определяется в виде возобновляющейся промышленной системы. Такая система должна предусматривать переработку сырья и материалов с обеспечением быстрого устранения отходов и других возможных негативных последствий, возникающих в процессах производства, распределения и потребления. Это достигается путем внедрения усовершенствованных технологий, оборудования, инноваций [6,17].

Несмотря на большое разнообразие мнений по трактовке понятия «циркулярная экономика», целесообразно выделить следующие ее признаки:

- усиление контроля за использованием природных ресурсов с одновременным созданием условий для их постоянного возобновления;
- оптимизация процессов потребления, в том числе с применением продукции и материалов, позволяющих обеспечить их повторное использование;
- выявление и оперативное предотвращение различных негативных последствий производственной деятельности [13].

Использование этих подходов в мясной отрасли означает реализацию возможностей создания полностью замкнутых технологических циклов по переработке не только всех видов сырья, но и возникающих при этом отходов (Рисунок 1).

Следует также отметить, что основные принципиальные положения МЦЭ могут быть выражены в виде особой экономической стратегии, предлагающей инновационные способы преобразования линейной экономической системы, последняя, в свою очередь, базируется на весьма спорном предположении, что многие природные ресурсы легкодоступны и/или возобновляемы, а способы утилизации отходов производства не требуют новаторских решений [18].

Очевидно, что преимущественное использование современных научно-технических достижений будет иметь главное значение для уско-

рения процессов замены линейной модели экономики. В связи с этим многие научные исследования подчеркивают важность практической реализации концепции ЭЗЦ через внедрение наилучших доступных технологий в различных отраслях. Дальнейшее развитие экономики замкнутого цикла неразрывно связано с этим процессом. В первую очередь это относится к сфере производства и потребления [2].

4. Учет экологических факторов при внедрении модели циркулярной экономики

Совокупность многих фактических данных показывает, что производство продовольствия стало существенным фактором глобального изменения окружающей среды не в лучшую сторону. Это связано с рядом негативных процессов, происходящих при земледелии (внесение азота, фосфора, гербицидов и пестицидов), водопользовании (безвозвратное изъятие водных ресурсов), при загрязнении воздуха и сокращении биоразнообразия [19].

Агропродовольственный сектор всегда был одним из основных источников потерь сырья и образования отходов, особенно при переработке сырья на промышленном уровне [20,21]. Это производство влечет за собой экологические, экономические и социальные последствия, влияющие на устойчивость цепочек поставок агропродовольственного производства. Растрата ресурсов приводит к дополнительному потреблению воды и энергии, вызывая выбросы парниковых газов и влияя на глобальное изменение климата [22]. Производство отходов влечет за собой экономические потери для производителей, поскольку они не в состоянии превратить свои инвестиции в сырье и оборудование в прибыль. С социальной точки зрения растрата ресурсов означает сокращение доступности безопасных продуктов питания, способствуя глобальному голоду [23].

Циклическое движение органических материалов позволяет возвращать их в окружающую среду без заметного вреда для нее. Таким образом, внедрение замкнутых процессов при производстве продукции, осуществляемых путем повторного использования, переработки и модифицирования указанных материалов, позволяет более рационально распоряжаться природными и иными ресурсами [24].

Для изучения взаимосвязей между окружающей средой и продовольственной системой применяются специальные разработанные индикаторы экологической устойчивости. В основном они учитывают объемы выбросов парниковых газов, влияние различных технологий землепользования, размеры потребления продуктов и уровень энергетических затрат [25]. В этой связи следует обратить внимание, что для производства мяса требуется значительно большее количество энергии, чем для продуктов питания на растительной основе. Поэтому многие зарубежные эксперты считают, что сокращение потребления мяса значительно снизило бы объем выбросов парниковых газов в продовольственной системе [26].

Следует также отметить, что включение экологических требований в тендерную документацию является важным стимулом развития рынка «зеленых» товаров и услуг, учитывая, что государственные закупки составляют значительную долю национального ВВП (12% в странах ОЭСР и до 30% в развивающихся странах) [27].

В Российской Федерации предпринимаются шаги по увеличению финансирования проектов, связанных с обращением с отходами. Но эти расходы существенно ниже по сравнению с размерами капиталовложений на введение новых мощностей по переработке отходов, полигонов для их размещения и предприятий, занимающихся сжиганием мусора. Некоторые эксперты считают, что для изменения ситуации необходимо существенно увеличить сумму экологического сбора. Для многих производителей уплата сбора оказывается экономически выгоднее по сравнению с организацией сбора и передачи отходов на переработку или утилизацию [28].

Однако следует отметить, что с учетом богатого природно-ресурсного потенциала России экономические и экологические выгоды от применения и масштабирования циклических бизнес-моделей могут стать неоправданно крупнее. Поскольку наилучшей стратегией борьбы с пищевыми отходами является профилактика. По возможности пищевая промышленность должна внедрять системы, методы и технологии, направленные на предотвращение их производства с самого начала цепочки поставок [29].

Для ускорения решения этих вопросов могут быть предприняты меры самого различного характера. Главным образом необходимо обеспечить более активное участие соответствующих государственных структур, научных организаций и заинтересованных предпринимателей для стимулирования технологического обновления, увеличения финансирования циркулярных проектов и, как следствие, для существенного повышения конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках [30].



Тем более, что на современном этапе развитие страны последовательно держат курс на замыкание производственных цепей и стимулирование осознанного отношения к окружающей среде и потреблению. Это связано с тем, что переход к циркулярной экономике открывает множество возможностей для повышения эффективности использования ресурсов в агропродовольственной системе, что в свою очередь положительно скажется на продовольственной безопасности [31].

5. Циркулярная экономика и продовольственные системы

Сочетание роста населения и повышения благосостояния во многих странах привело к быстрому совокупному увеличению как предложений, так и объема потребления продуктов животного происхождения на душу населения. Для снижения нагрузки на окружающую среду ключевое значение приобретают технологические достижения и процессы повышения эффективности производства, позволяющие производить больше продовольствия с меньшим воздействием на единицу продукции [32].

По расчетам некоторых экспертов, примерно треть продуктов питания, производимых для потребления человеком, либо теряется, либо растрачивается впустую. Неэффективное потребление указанных продуктов приводит к значительному ущербу окружающей среде: от непосредственного ее загрязнения до потери товара и энергии, необходимой для его производства [33].

С учетом этих обстоятельств во многих странах существенно возрос интерес к поиску новых способов обеспечения продовольственной безопасности и ресурсосбережения. Также значительно увеличилось число сторонников парадигмы устойчивого развития, предусматривающей в том числе разработку и принятие серьезных мер по сокращению потерь продуктов питания, что предполагает использование в продовольственных системах принципов экономики замкнутого цикла. В частности, рекомендуется внедрять технологии, направленные на сокращение потерь питательных веществ путем повышения уровня их извлечения из различных органических остатков и последующего повторного использования в сельскохозяйственном производстве [25, 34]. Таким образом, круговорот питательных веществ в системе питания может быть замкнут полностью или частично за счет более полного использования продуктов питания и утилизации побочных продуктов и отходов. Как показала практика, минимизация образования излишков продуктов питания и отходов способствует снижению общего потребления ресурсов в экономике [35].

Следует также отметить, что продовольственный сектор считается весьма актуальным примером такой цепочки поставок, в которой переход к устойчивому развитию и изменению практик управления отраслью становятся особенно важными для преодоления последствий изменения климата. Речь идет о внедрении инноваций с использованием альтернативных стратегий для снижения нагрузки на природную среду и с целью решения социальных проблем посредством различных схем и инициатив в области производства, маркетинга, маркировки, аккредитации в цепочке поставок [36].

Что касается сельского хозяйства, то, по оценочным данным в этой сфере, каждый год образуется примерно 500 млн тонн различных отходов. С их переработкой имеется целый ряд серьезных проблем. В той или иной степени их решение намечено Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления до 2030 года². В результате реализации данной Стратегии ожидается, что уровень переработки отходов достигнет 80%. В настоящее время этот показатель не превышает 10 процентов [37].

Данные анализа уровня образования отходов в пищевой промышленности и сельскохозяйственной деятельности в Российской Федерации представлены на Рисунке 2.

Однако в продовольственном секторе наблюдается некоторая неопределенность с точки зрения обеспечения стабильных инноваций и использования управленческих практик, ориентированных на устойчивое развитие. Это связано с тем, что на всех этапах производства и реализации разных видов продовольственных товаров возникают особенности. К ним, например, относятся такие факторы, как волатильность цен, различный уровень интеграции среди товаропроизводителей, а также определенная зависимость от импортных поставок [30].

На основании разновидностей базовых бизнес-моделей циркулярной экономики, их описаний и назначений определены три модели,



Рисунок 2. Удельный вес отходов по отдельным отраслям Российской Федерации

Figure 2. Share of waste by certain industries of the Russian Federation

которые можно использовать в сельском хозяйстве и в перерабатывающих отраслях АПК [4]. Для них характерна минимизация потребления первичного сырья и объемов перерабатываемых ресурсов, которая сопровождается снижением отходов, направляемых на захоронение.

6. Особенности применения принципов экономики замкнутого цикла в пищевой промышленности Российской Федерации

6.1. Повышение ценности побочного сырья и отходов мясной отрасли

В мясной промышленности имеется несколько проблем, решение которых также может быть ускорено при внедрении отдельных элементов ЭЦ. Это касается в первую очередь подхода к внедрению современных технических и инновационных решений на крупных предприятиях по переработке мясного сырья и по производству готовой продукции [30]. Данный подход основан на создании и внедрении мало- и безотходных технологий, которые позволяют получать новые виды продуктов с улучшенной пищевой и биологической ценностью, а также значительно снижать негативное воздействие на окружающую среду [38].

Во многих странах уровень потребления мяса на протяжении нескольких лет стабильно увеличивался, одновременно заметно снизился спрос на такие ценные продукты, как кровь и субпродукты. Ранее они более широко использовались для самых различных целей. При этом побочные продукты в мясных отходах составляют около 60–70% от забитой туши. Из них почти 40% являются съедобными и 20% несъедобными [39].

Пищевые отходы и побочные продукты (как съедобные, так и несъедобные) предлагается разделять по источникам их происхождения и по возникновению на разных этапах поставок продовольствия. В зависимости от типа пищевых отходов они могут иметь различное назначение. Например, при хорошем сохранении съедобных частей их целесообразно перенаправить для потребления человеком, а в случае их низкого качества они могут быть отправлены на переработку для последующего использования в животноводстве или для иных целей [40].

Ввиду включения побочных продуктов и биомассы с пастбищ (кормов с низкой альтернативной стоимостью) в продовольственную систему сельскохозяйственные животные могут сыграть решающую роль в обеспечении человечества продовольствием. Предварительные оценки показывают, что данный подход может обеспечить до трети суточной потребности среднестатистического человека в белке (9–23 г из необходимых 50–60 г) [41], при этом не требуется задействовать дополнительные пахотные земли, поскольку они используются для производства продуктов питания, а не кормовых культур.

В отличие от растительных отходов, утилизация побочного сырья мясной промышленности связана с серьезными санитарными ограничениями, так как некоторые из них могут представлять повышенную опасность как для окружающей среды, так и для здоровья человека. В связи с этим отрасль нуждается в современных решениях проблемы утилизации данных отходов. Применяются инновационные технологии, направленные на повышение ценности побочного сырья (субпродуктов) и отходов. Эти технологии позволяют, в частности, обеспечить получение активных молекул в питании (биоактивные пептиды), повысить безопасность пищевых продуктов (антимикробные пептиды).

² Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» (ред. от 13.10.2022).

Следует также упомянуть о возможности использования топлового жира в косметическом производстве, а жирных кислот — в целом ряде химических процессов при осуществлении различных видов деятельности [39].

Что касается снижения отдельных видов потерь, то в мясном животноводстве они главным образом возникают в процессе выращивания скота. Этому способствует целый ряд причин, которые в основном носят субъективный характер. В их число входят нарушения режима кормления, технологической дисциплины, санитарно-гигиенических требований [42,43].

На практике определенные побочные продукты убоя и животноводческие отходы во многих случаях используются в качестве удобрения сельскохозяйственных культур. Но есть и другой вариант: сначала скармливать соответствующие виды побочных продуктов сельскохозяйственным животным для производства мясных продуктов, а затем перерабатывать экскременты животных в удобрения, поддерживая качество почвы и повышая урожайность культур [44]. Подсчитано, что изменения в методах производства продуктов питания животного происхождения могут сократить выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве к 2050 году примерно на 10% [19].

Разработка технологических сельскохозяйственных систем (в которых результат одного процесса служит исходным материалом для другого в практически бесконечном цикле взаимодействия различных отраслей промышленности) является одним из способов вовлечения и удержания сельскохозяйственного сырья и дополнительных ресурсов в замкнутом цикле.

На Рисунке 3 представлены основные направления использования растениеводческого и животноводческого сырья и отходов в промышленных отраслях.

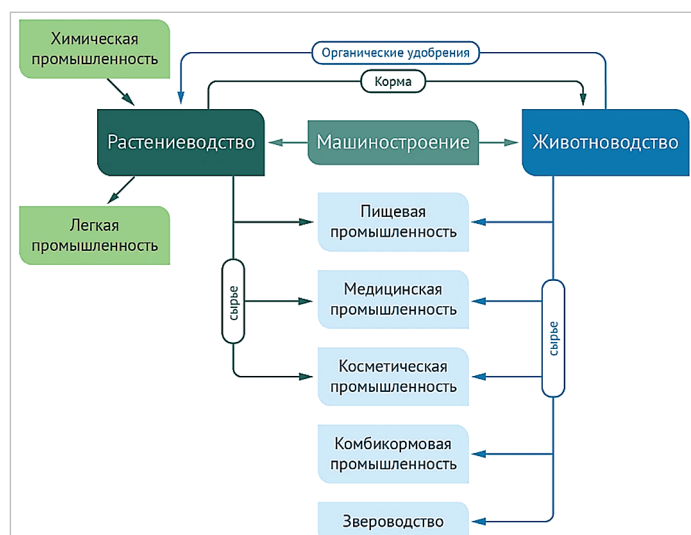


Рисунок 3. Использование сельскохозяйственного сырья и отходов в замкнутом цикле

Figure 3. Use of agricultural raw materials and waste in the closed-loop cycle

Значительные объемы пищевых потерь обусловлены проблемами в производственно-сбытовых цепочках продовольственного сектора АПК. Они остаются нерешенными длительное время из-за недостаточного прогресса как в законодательной сфере, так и в научно-производственной деятельности [45].

6.2. Оценка рисков внедрения МЦЭ в пищевой промышленности

Переход к элементам циркулярной экономики практически всегда требует не только значительных организационных усилий, но и существенных финансовых затрат, включая дополнительные инвестиции в производство и модернизацию оборудования. Очевидно, что указанные факторы не способствуют внедрению принципов ЭЗЦ, поэтому для стимулирования этих процессов необходимо соответствующее вмешательство государственных структур, включая корректировку законодательства [46].

Подводя итоги рассмотрения основных практических подходов к внедрению модели циркулярной экономики и возникающих при этом проблем, отметим следующие аспекты.

Основной целью внедрения МЦЭ является построение экономической системы, являющейся в своей основе восстановительной и воспроизводящей. Речь идет о системе, которая не только рационально

использует природные и другие ресурсы для долгосрочного экономического развития, но и стремится к сокращению отходов и к минимизации негативного воздействия на окружающую среду [47].

Переход к этой модели требует от бизнес-сообщества определенной мировоззренческой трансформации. Пока же этот переход нередко рассматривается предпринимателями лишь как дополнительный источник издержек. Тем не менее стремление снизить зависимость глобальной экономики от углеводородного сырья, а также растущие требования к повышению прозрачности бизнес-процессов, постепенно стимулируют переход к более устойчивым методам производства и к формированию ответственного отношения к ресурсам. Кроме того, переход к МЦЭ может быть связан не только с дополнительными затратами, но и с новыми возможностями создания целого ряда прибыльных проектов [27].

В России для успешного перехода к модели циркулярной экономики следует опираться в первую очередь на собственные возможности и учитывать реальные финансовые и материально-технические средства. В целом, помимо качественной модернизации производства и повышения его технологичности, необходимо также усиление государственной поддержки. Важным шагом является субсидирование компаний, работающих по принципам МЦЭ, а также значительное увеличение финансирования целевых научно-исследовательских проектов в этой области [48].

Кроме того, на законодательном уровне необходимо установить предметные и адресные меры, стимулирующие ресурсосбережение, использование вторичного сырья и обновление производственных мощностей. К сожалению, в настоящее время многие нормативные акты, затрагивающие эти вопросы, содержат лишь декларативные положения [42].

Имеются и другие барьеры, препятствующие переходу России к модели циркулярной экономики. Среди них можно выделить следующие: высокая энергоемкость при низкой ресурсной эффективности многих производств; преобладание в экономике сырьевого сектора, активно поддерживаемого государством; недостаточное финансирование модернизационных процессов, включая трудности с привлечением частных инвестиций; непринятие многими представителями бизнес-сообщества перспектив, предусматривающих расширение совместной деятельности на долгосрочной основе [49].

Однако есть примеры положительных решений, в том числе со стороны государственных органов, которые способствуют внедрению элементов экономики замкнутого цикла в конкретных сферах деятельности. Одним из таких примеров является принятая в 2022 году отраслевая программа (ответственный исполнитель Минсельхоз России), направленная на широкое применение вторичных ресурсов и сырья из отходов, возникающих в сельском хозяйстве³. Эта программа разработана в рамках реализации федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», входящего в состав инициатив социально-экономического развития Российской Федерации в период до 2030 года⁴. В рамках реализации этой программы запланированы дополнительные меры экономического стимулирования, направленные на развитие инфраструктуры утилизации сельскохозяйственных отходов и переработки побочных продуктов животноводства. В ходе реализации указанных мер уже достигнуты определенные результаты. Поэтому целесообразно разработать аналогичную программу для пищевой промышленности.

Также актуальной является разработка специальной межотраслевой программы, охватывающей широкий круг вопросов, связанных с внедрением элементов экономики замкнутого цикла в мясном подкомплексе, включая такие связанные с ним отрасли и подотрасли АПК, как растениеводство, животноводство и кормопроизводство. Следует учесть, что в настоящее время решаются многие задачи по практически безотходному циклу выращивания и производства в агрокомплексах растениеводческой и животноводческой продукции. С учетом этого обстоятельство новая межотраслевая программа может содержать (по мнению авторов данной статьи) следующие этапы работ:

- стимулирование научно-исследовательских проектов, направленных на развитие циркулярной экономики в мясном подкомплексе и в смежных отраслях сельского АПК;
- утверждение основных направлений создания и внедрения технологий, направленных на увеличение глубины переработки мясного сырья, побочных продуктов при производстве готовой продукции;

³ Паспорт отраслевой программы «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в сфере сельского хозяйства на 2022–2030 годы» — утвержден Правительством РФ 29.12.2022 № 16133п-П11.

⁴ Распоряжение Правительства РФ от 06.10.2021 № 2816-р, утвердившее Перечень инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года.

- разработка комплекса мер по эффективному использованию отходов, образующихся в мясной промышленности, в животноводстве и в кормопроизводстве;
- разработка новых безопасных технологий при производстве удобрений, а также для утилизации отходов мясного производства и животноводства при невозможности их дальнейшего использования;
- определение конкретных хозяйствующих субъектов регионального и межрегионального значения, осуществляющих деятельность в мясном подкомплексе для их адресной поддержки по внедрению элементов циркулярной экономики;
- предоставление льготных инвестиционных кредитов на реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение предприятий, занятых переработкой мясного сырья и тех видов отходов, которые обладают потенциалом вовлечения в новый хозяйственный оборот.

Для разработки концепции такой межотраслевой программы целесообразно привлечь специализированные научные организации, а также соответствующие отраслевые союзы и ассоциации в сфере АПК.

Никто не оспаривает, что экономика замкнутого цикла — это направление международного сотрудничества всех заинтересованных сторон, стремящихся к повышению эффективности производства, к снижению антропогенной нагрузки на природную среду и к решению социальных проблем. Концепция высокопроизводительного общества, стремящегося к безотходному производству, обладает несомненным потенциалом. Однако идеализированная модель экономики замкнутого цикла не лишена критики. Некоторые исследователи считают ее утопической идеей, сравнивая с концепцией вечного двигателя, недостижимой в реальных условиях [50]. Даже если концепция экономики замкнутого цикла не будет реализована в полной мере, ее стремление к сокращению отходов и к ограничению потребления ценных ресурсов делает ее полезным инструментом. Она стимулирует позитивные изменения, направленные на достижение устойчивого развития. Аналогичная логика применима

к концепции устойчивого производства мяса, которая также способствует более ответственному подходу к потреблению [51].

7. Выводы

Необходимость совершенствования методов регулирования экономики обуславливается целым рядом глобальных процессов, оказывающих существенное влияние на выбор дальнейших путей общественного развития. Ожидается, что реализация концепции ЭЗЦ станет оптимальным путем к устойчивому развитию. Несмотря на то, что в центре внимания большинства стратегий замкнутого цикла находится увеличение материального цикла системы, такой цикл должен быть одновременно устойчивым для окружающей среды, экономики и общества.

Переход к модели циркулярной экономики открывает возможности для более эффективного решения актуальных проблем. В первую очередь, это касается ресурсосбережения, сокращения объемов отходов производства и потребления, а также снижения антропогенного давления на природную среду. При реализации указанной модели могут быть достигнуты значимые результаты в социальной и экономической сферах. Но для этого должны быть приняты специальные законодательные меры, стимулирующие развитие элементов циркулярной экономики, включая усиление государственной поддержки технологического обновления промышленных и иных производств. Со стороны предпринимательского сообщества также необходимы дополнительные действия в этом направлении.

Следует отметить немногочисленность исследований, в которых анализируется применение моделей ЭЗЦ в АПК, уделяя особое внимание особенностям этого сектора экономики. В настоящее время не существует ни стандартизированных рамок, ни четкого определения концепции, принципов и стратегий, ни практического применения в этом направлении исследований. Следовательно, область применения существующих показателей ЭЗЦ в сельском хозяйстве и в пищевой промышленности ограничена, что подразумевает необходимость разработки новых, более всеобъемлющих показателей и критериев применения моделей экономики замкнутого цикла в АПК.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Van Zanten, H. H. E., Van Ittersum, M. K., De Boe, I. J. M. (2019). The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Security*, 21, 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.003>
2. Бобылев, С. Н., Соловьева, С. В. (2020). Циркулярная экономика и ее индикаторы для России. *Мир новой экономики*, 14(2), 63–72. [Bobylev, S. N., Solovyeva, S. V. (2020). Circular economy and its indicators for Russia. *The World of New Economy*, 14(2), 63–72. (In Russian)] <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2020-14-2-63-72>
3. Velasco-Muñoz, J. F., Mendoza, J. M. F., Aznar-Sánchez, J. A., Gallego-Schmid, A. (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, Article 105618. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105618>
4. Пахомова, Н. В., Рихтер, К. К., Ветрова, М. А. (2017). Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития. *Вестник СПбГУ. Экономика*, 33(2), 244–268. [Pakhomova, N. V., Richter, K. K., Vetrova, M. A. (2017). Transition to circular economy and closed-loop supply chains as driver of sustainable development. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, 33(2), 244–268. (In Russian)] <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2017.203>
5. EU (2020). Changing how we produce and consume: New Circular Economy Action Plan shows the way to a climate-neutral, competitive economy of empowered consumers. Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_420 Accessed December 12, 2023
6. Качанова, Л. С., Бондаренко, А. М. (2022). Вовлечение потенциальных органических отходов в экономику замкнутого цикла как инструмент обеспечения экономической безопасности государства. *Экономическая безопасность*, 5(4), 1517–1530. [Kachanova L. S., Bondarenko A. M. (2022). Involvement of potential organic waste into the circular economy as a tool ensuring the economic security of the state. *Ekonomicheskaya Bezopasnost*, 5 (4), 1517–1530. (In Russian)] <https://doi.org/10.18334/ecsec.5.4.115059>
7. Blomsma, F., Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: A new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603–614. <https://doi.org/10.1111/jiec.12603>
8. Rajković, M. B., Popović Minić, D., Milinčić, D., Zdravkovi M. (2020). Circular economy in food industry. *Zastita Materijala*, 61(3), 229–250. <http://doi.org/10.5937/zasmat2003229R6> (In Bosnian)
9. Петрунина, И. В., Горбунова, Н. А. (2021). Защитники природы и промышленности: возможен ли консенсус? *Мясная индустрия*, 5, 32–37. [Petrunina, I. V., Gorbunova, N. A. (2021). Environmentalists and industrialists: Is consensus possible? *Meat Industry*, 5, 32–37. (In Russian)] <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2021-05-32-37>
10. Гурьева, М. А. (2019). Теоретические основы концепта циркулярной экономики. *Экономические отношения*, 9(3), 2311–2336. [Gureva, M. A. (2019). The theoretical basis of the concept of circular economy. *Journal of International Economic Affairs*, 9(3), 2311–2336. (In Russian)] <https://doi.org/10.18334/eo.9.3.40990>
11. Reike, D., Vermeulen W. J. V., Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE3.0? — Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
12. Barros, M. V., Salvador, R., do Prado, G. F., de Francisco, A. C., Piekarski, C. M. (2021). Circular economy as a driver to sustainable businesses. *Cleaner Environmental Systems*, 2, Article 100006. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2020.100006>
13. Goddin, J., Marshall, K., Pereira, A., Tuppen, C., Herrmann, S., Sam Jones, S. et al. (2019). Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity, Methodology. Ellen MacArthur Foundation, ANSYS Granta, 2019. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29213.84962>
14. Corona, B., Shen, L., Reike, D., Carreón, J.R., Worrell, E. (2019). Towards sustainable development through the circular economy — A review and critical assessment on current circularity metrics. *Resources, Conservation and Recycling*, 151, Article 104498. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104498>
15. Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
16. Pauliuk, S. (2018). Critical appraisal of the circular economy standard BS8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.019>
17. Rajković, M. B., Popović Minić, D., Milinčić, D., Zdravkovi M. (2020). Circular economy in food industry. *Zastita Materijala*, 61(3), 229–250. <https://doi.org/10.5937/zasmat2003229R6> (In Bosnian)
18. Синельникова, А. В. (2022). Переход к циркулярной экономике: проблемы и перспективы. *Экономический вестник ИИУ РАН*, 3(1), 64–75. [Sinelnikova A. V. (2022). Transition to a circular economy: Problems and prospects. *Economic Bulletin of IPU RAS*, 3(1), 64–75. (In Russian)] <https://doi.org/10.25728/econbull.2022.1.6-sinelnikova>
19. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S. et al. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
20. Agnusdei, L., Krstić, M., Palmi, P., Miglietta, P. P. (2023). Digitalization as driver to achieve circularity in the agroindustry: A SWOT-ANP-ADAM approach. *Science of The Total Environment*, 882, Article 163441. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163441>
21. Chiaraluca, G., Bentivoglio, D., Finco, A. (2023). The circular economy model in the agri-food sector: A new strategy for the regional development. *AIMS Agriculture and Food*, 8(3), 851–872. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2023045>
22. Tonini, D., Albizzati, P. F., Astrup, T. F. (2018). Environmental impacts of food waste: Learnings and challenges from a case study on UK. *Waste Manage*, 76, 744–766. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.032>

23. Rosenberg, M. (2021). Thoughts about food security, food loss and waste and what has to be done. *AIMS Agriculture and Food*, 6, 797–798. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2021048>
24. Kristensen, H. S., Mosgaard, M. A. (2020). A review of micro level indicators for a circular economy — moving away from the three dimensions of sustainability? *Journal of Cleaner Production*, 243, Article 118531. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118531>
25. Fassio, F., Chirilli, C. (2023). The circular economy and the food system: A Review of Principal Measuring Tools. *Sustainability*, 15(13), Article 10179. <https://doi.org/10.3390/su15131017>
26. Boehm, R., Wilde, P. E., Ver Ploeg, M., Costello, C., Cash, S. B. (2018). A comprehensive life cycle assessment of greenhouse gas emissions from U.S. household food choices. *Food Policy*, 79, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.05.004>
27. Департамент многостороннего экономического сотрудничества и специальных проектов Минэкономразвития России. (2021). Экономика замкнутого цикла. Обзор международных подходов. Электронный ресурс: <https://www.economy.gov.ru/material/file/55fc716c49b06e62a652d101b1be8442/220414.pdf> Дата доступа 11.03.2024. [Department for Multilateral Economic Cooperation and Special Projects of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation (2021). Closed-loop economy. Overview of international approaches. Retrieved from <https://www.economy.gov.ru/material/file/55fc716c49b06e62a652d101b1be8442/220414.pdf> Accessed March 11, 2024. (In Russian)]
28. Кудрявцева, О. В., Митенкова, Е. Н., Солодова, М. А. (2019). Циркулярная экономика как инструмент устойчивого развития России. *Экономическое возрождение России*, 3(61), 115–126. [Kudryavtseva, O. V., Mitenkova, E. N., Solodova, M. A. (2019). Circular economy: Prospects for sustainable development in Russia. *Economic Revival of Russia*, 3(61), 115–126. (In Russian)]
29. Cristóbal, J., Castellani, V., Manfredi, S., Sala, S. (2018). Prioritizing and optimizing sustainable measures for food waste prevention and management. *Waste Manage*, 7, 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.007>
30. Небурчилова, Н. Ф., Петрунина, И. В., Шербинина, Е. О. (2016). Эффективное использование сырья животного происхождения на предприятиях мясной промышленности. *Все о мясе*, 6, 18–21. [Neburchilova, N. F., Petrunina, I. V., Scherbinina, E. O. (2016). Efficient using of raw materials of animal origin at the enterprises of the meat industry. *Vsyo o Myase*, 6, 18–21. (In Russian)]
31. Muscio, A., Sisto, R. (2020). Are agrifood systems really switching to a circular economy model? Implications for European research and innovation policy. *Sustainability*, 12(14), Article 5554. <https://doi.org/10.3390/su12145554>
32. Röösa, E., Bajželj, B., Smith, P., Patel, D., Little, D., Garnett, T. (2018). Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.001>
33. D'Amato, D., Korhonen, J., Toppinen, A. (2019). Circular, green, and bio economy: How do companies in land-use intensive sectors align with sustainability concepts? *Ecological Economics*, 158, 116–133. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.026>
34. Harder, R., Giampietro, M., Smukler, S. (2021). Towards a circular nutrient economy. A novel way to analyze the circularity of nutrient flows in food systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 172, Article 105693. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105693>
35. Jurgilevich, A., Birge, T., Kentala-Lehtonen, J., Korhonen-Kurki, K., Pietikäinen, J., Saikku, L. et al. (2016). Transition towards circular economy in the food system. *Sustainability*, 8(1), Article 69. <https://doi.org/10.3390/su8010069>
36. Caccialanza, A., Cerrato, D., Galli, D. (2023). Sustainability practices and challenges in the meat supply chain: A systematic literature review. *British Food Journal*, 125(12), 4470–4497. <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2022-0866>
37. Кузнецова, Н. А. (2023). Концептуальные положения развития циркулярной экономики в сельском хозяйстве. *Продовольственная политика и безопасность*, 10(1), 109–120. [Kuznetsova N. A. (2023). Conceptual provisions of the circular economy development in agriculture. *Food Policy and Security*, 10 (1), 109–120. (In Russian)] <https://doi.org/10.18334/ppib.10.1.116923>
38. Петров, К. А., Кузнецова, Н. Г. (2015). Проблемы и перспективы развития глубокой переработки продукции животноводства. *Евразийский Союз Ученых*, 5–2(14), 25–28. [Petrov, K. A., Kuznetsova, N. G. (2015). Problems and prospects of the development of deep processing of animal husbandry products. *Eurasian Union of Scientists*, 5–2(14), 25–28. (In Russian)]
39. Mirabella, N., Castellani, V., Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.051>
40. Roy, P., Mohanty, A. K., Dick, P., Misra, M. (2023). A review on the challenges and choices for food waste valorization: Environmental and economic impacts. *ACS Environmental Au*, 3(2), 58–75. <https://doi.org/10.1021/acsenvironau.2c00050>
41. Van Zanten, H. H. E., Herrero, M., Van Hal, O., Röös, E., Muller, A., Garnett, T. et al. (2018). Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. *Global Change Biology*, 24(9), 4185–4194. <https://doi.org/10.1111/gcb.14321>
42. Петрунина, И. В., Горбунова, Н. А. (2024). Использование элементов циркулярной экономики в мясной промышленности. *Мясная индустрия*, 2, 9–12. [Petrunina, I. V., Gorbunova, N. A. (2024). The usage of circular economy elements in the Russian meat industry. *Meat Industry*, 2, 9–12. (In Russian)] <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2024-02-09-12>
43. Петрунина, И. В. (2023). Потери сырья и продуктов его переработки в животноводстве и мясной отрасли. *Всё о мясе*, 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. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-1-8-11>
44. Van Zanten, H. H. E., Van Ittersum, M. K., De Boe, I. J. M. (2019). The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Security*, 21, 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.003>
45. Petrunina, I. V., Gorbunova, N. A., Zakharov, A. N. (2023). Assessment of causes and consequences of food and agricultural raw material loss and opportunities for its reduction. *Theory and Practice of Meat Processing*, 8(1), 51–61. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-1-51-61>
46. Ветрова, М. А. (2021). Формирование циркулярной экономики: передовой опыт и рекомендации для России. *Проблемы современной экономики*, 1(77), 167–171. [Vetrova, M. A. (2021). Formation of circular economy: Cutting-edge experience and recommendations for Russia. *Problems of Modern Economics*, 1(77), 167–171. (In Russian)]
47. Jakhar, S. K., Mangla, S. K., Luthra, S., Kusi-Sarpong, S. (2018). When stakeholder pressure drives the circular economy: Measuring the mediating role of innovation capabilities. *Management Decision*, 57 (1), 904–920. <https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-0990>
48. Александрова, В. Д. (2017). Актуальность перехода к модели циркулярной экономики в России. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 11, 106–110. [Alexandrova, V. D. (2017). The actuality of transition to the model of circular economy in Russia. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 11, 106–110. (In Russian)]
49. Мерзлякова, Е. А., Колмыкова, Т. С. (2019). Циркулярное воспроизводство и экологические инновации в обеспечении устойчивого роста региональной экономики. *Регион: системы, экономика, управление*, 3(46), 104–111. [Merzlyakova E. A., Kolmykova T. S. (2019). Circular reproduction and environmental innovations in ensuring sustainable growth of the regional economy. *Region: Systems, Economy, Management*, 3(46), 104–111. (In Russian)]
50. Cullen, J. M. (2017). Circular Economy: Theoretical benchmark or perpetual motion machine? *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 483–486. <https://doi.org/10.1111/jiec.12599>
51. Sherwood, J. (2020). The significance of biomass in a circular economy. *Bioresour Technol*, 300, Article 12275. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122755>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Петрунина Ирина Всеволодовна — старший научный сотрудник, Центр «Экономико-аналитических исследований и информационных технологий», Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26 Тел.: +7-495-676-95-11 доб. 253 E-mail: i.petrunina@fnpcs.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7287-3511 * автор для контактов	Irina V. Petrunina, Senior Researcher, Center of Economic and Analytical Research and Information Technologies, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhina str., 109316, Moscow, Russia Tel.: +7-495-676-95-11 (253) E-mail: i.petrunina@fnpcs.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7287-3511 * corresponding author
Горбунова Наталья Анатольевна — кандидат технических наук, ученый секретарь, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26 Тел.: +7-495-676-95-11 доб. 316 E-mail: n.gorbunova@fnpcs.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0003-4249-9316	Nataliya A. Gorbunova, Candidate of Technical Sciences, Scientific Secretary, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhina str., 109316, Moscow, Russia Tel.: +7-495-676-95-11 (316) E-mail: n.gorbunova@fnpcs.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0003-4249-9316
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.