
ПРИГЛАШЕНИЕ К ДИСКУССИИ

Научная статья
УДК 628.477.2

**РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ:
КУРБАТОВА А. И., АБУ-КДЭЙС Х. БИОЭКОНОМИКА 4.0:
ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ВАЛОРИЗАЦИИ
ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ. М.: ИНФРА-М, 2026. 202 с.**

© СС ВУ Бейсенова Р. Р.

*Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации
080000, г. Тараз, ул. К. Сампаева, д. 28, Казахстан
e-mail: r.beisenova@kaznuvhi.edu.kz, ORCID 0000-0003-0913-9503*

Поступила в редакцию 01.03.2025

После доработки 12.03.2025

Принята к публикации 17.03.2025

Аннотация

А. И. Курбатовой и Х. Абу-Кдэйсом для эколого-экономического сообщества подготовлена новая монография «Биоэкономика 4.0: Инновационные подходы к валоризации органических отходов». В данной рецензии проанализированы основные идеи авторов и оценена их значимость.

Авторы предлагают определение термина «биоэкономика» в контексте промышленной революции 4.0, связывая её с цифровизацией, автоматизацией и использованием больших данных для оптимизации процессов валоризации органических отходов; интегрируют концепции циркулярной экономики, устойчивого развития и промышленной экологии в рамках новой парадигмы. В монографии рассмотрены передовые технологии переработки органических отходов: анаэробное сбраживание, компостирование, пиролиз, газификация и производство биопластиков. Представлен обзор международного опыта в области валоризации органических отходов, включая примеры успешных проектов и стратегий, реализованных в различных странах. Сравнительный анализ позволил всесторонне оценить существующие подходы к валоризации органических отходов и выявить как общие тенденции, так и важнейшие особенности, характерные для различных экономических регионов. Авторами раскрыты ключевые аспекты биотехнологической переработки пищевых отходов (ферментация молочной кислоты, ацетон-бутиловая ферментация, гетеротрофное производство водорослей, ферментация синтез-газа). Рассмотрена биотехнология с использованием мухи Чёрная львинка (*Hermetia illucens*, или Чёрный солдатик) из Центральной и Южной Америки: её личинки потребляют и разлагают ряд органических материалов, деградация которых доходит до 70%. Охарактеризованы современные технологические подходы (гидротермальное сжижение (НТЛ технология), гидротермальная газификация) и проанализированы их эколого-экономическое значение (отсутствие необходимости предварительной сушки сырья; возможность перерабатывать различные виды пищевых и других органических отходов с большой эффективностью выхода продукта (до 90%) в форме биогаза, следовательно, его можно легко сжать, удобно транспортировать и хранить, что снижает экономические издержки).

Рассматриваемая работа вносит вклад в развитие междисциплинарного научного дискурса, объединяя знания из разных областей знания — экологии, экономики, биотехнологии и устойчивого управления. Синтез знаний из этих тематических направлений создаёт основу для моделирования биоэкономических процессов.

Ключевые слова: цепочка добавленной стоимости, биотехнологии, цифровая печать, компостирование отходов, упаковочные материалы

Бейсенова Р. Р.

**REVIEW OF THE MONOGRAPH:
KURBATOVA A. I., ABU-QDAIS H. BIOECONOMICS 4.0: INNOVATIVE APPROACHES
TO VALORIZATION OF ORGANIC WASTE. MOSCOW, INFRA-M, 2026. 202 P.**

© CC BY R. Beisenova

*Kazakh National University of Water Management and Irrigation
ul. K. Satpayev 28, Taraz 080000, Kazakhstan
e-mail: r.beisenova@kaznuvhi.edu.kz, ORCID 0000-0003-0913-9503*

Received 01.03.2025

Revised 12.03.2025

Accepted 17.03.2025

Abstract

A. I. Kurbatova and H. Abu-Qdais prepared a new monograph "Bioeconomics 4.0: Innovative Approaches to Valorization of Organic Waste" for the ecological and economic community. This review analyzes the main ideas of the authors and assesses their significance.

The authors propose a definition of the term "bioeconomy" in the context of the industrial revolution 4.0, linking it with digitalization, automation and the use of big data to optimize the processes of valorization of organic waste; integrate the concepts of circular economy, sustainable development and industrial ecology within the framework of a new paradigm. The monograph discusses advanced technologies for processing organic waste: anaerobic digestion, composting, pyrolysis, gasification and the production of bioplastics. An overview of international experience in valorization of organic waste is provided, including examples of successful projects and strategies implemented in various countries. The comparative analysis made it possible to comprehensively assess the existing approaches to the valorization of organic waste and to identify both general trends and the most important features characteristic of different economic regions.

The authors disclose key aspects of biotechnological processing of food waste (lactic acid fermentation, acetone-butyl fermentation, heterotrophic algae production, synthesis gas fermentation). Biotechnology using the Black Lion fly (*Hermetia illucens*, or Black Soldier) from Central and South America is considered: its larvae consume and decompose a number of organic materials, the degradation of which reaches 70%. Modern technological approaches (hydrothermal liquefaction (HTL technology), hydrothermal gasification) were characterized and their environmental and economic significance was analyzed (no need for preliminary drying of raw materials; possibility of processing various types of food and other organic wastes with high efficiency of product output (up to 90%) in form of biogas, therefore, it can be easily compressed, conveniently transported and stored, which reduces economic costs).

The work in question contributes to the development of interdisciplinary scientific discourse by combining knowledge from different fields of knowledge – ecology, economics, biotechnology and sustainable management. The synthesis of knowledge from these thematic areas creates the basis for modeling bioeconomic processes.

Keywords: value chain, biotechnologies, digital printing, waste composting, packaging materials

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня биоэкономика становится трансформирующей силой устойчивого развития. Это обусловлено тем, что, объединив достижения в биотехнологиях и цифровых инструментах с принципами экономики замкнутого цикла, биоэкономика предлагает решения, которые не только уменьшают негативное воздействие на окружающую среду, но и спо-

собствуют экономическому развитию и благосостоянию общества. По сути, биоэкономика использует для производства продуктов питания, энергии и промышленных товаров возобновляемые биологические ресурсы. Такой подход минимизирует зависимость от ископаемых источников энергии и снижает выбросы парниковых газов.

Многочисленные исследования в академической литературе определяют биоэконо-

мику как важный элемент глобальных усилий по поиску новых и более устойчивых путей достижения экономического и культурного процветания [1; 3; 10; 19]. Биоэкономика рассматривается как новый сектор экономики, который способствует разработке и внедрению процессов, гармонирующих с принципами устойчивого развития. На протяжении последних двух столетий концепция биоэкономики претерпела значительное развитие в научных дискуссиях, установив тесную связь между двумя мощными дисциплинами – биологией и экономикой [5; 7; 10]. Связь между ними осуществляется по двум основным направлениям:

1. через применение экономических концепций и моделей для анализа биологических явлений (например, использование моделей оптимизации ресурсов для изучения популяционной динамики или поведения видов в экосистемах);

2. посредством использования биологической перспективы для изучения экономического поведения (например, анализ стратегий выживания и конкуренции у животных как аналогов рыночных стратегий или исследование эволюционных механизмов для понимания формирования ценовых моделей).

В русскоязычной литературе основные работы в области биоэкономических исследований сосредоточены на определении понятия «биоэкономика». В этих трудах подробно рассматриваются основные принципы и механизмы функционирования этой науки, а также её теоретические основы. Кроме того, в них уделяется внимание вопросам становления и развития биоэкономики как самостоятельной научной дисциплины, анализируются этапы её формирования, ключевые направления исследований и перспективы дальнейшего развития. Таким образом, эти работы дают комплексное представление о том, что такое биоэкономика, как она развивается и какие задачи перед ней стоят [2; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 22]. Вопросам валоризации биомассы в контексте биоэкономики уделено значительное число публикаций: валоризация агропромышленных отходов [13; 14; 15; 16; 17], переработка органических отходов в биотопливо, переработка биомассы микроводорослей в биотопливо [12], переработка пищевых отходов в биодобавки [18].

Для анализа контента монографии перейдем к общей характеристике научного труда.

ОБЗОР АВТОРСКОЙ ПОЗИЦИИ

Авторы монографии А. И. Курбатова и Х. Абу-Кдэйс являются известными специалистами в области устойчивого развития, экотехнологий и биоинженерии, обладающими значительным научным и практическим опытом в сфере обращения с органическими отходами и развития биоэкономики.

Курбатова Анна Ивановна – химик, эколог, кандидат биологических наук, доцент Института экологии РУДН, ведущий российский эксперт в области управления отходами и анализу проблем устойчивого развития. В своей научной деятельности она активно занимается вопросами формирования «зелёной» экономики, внедрения циркулярных моделей производства и потребления, а также разработкой стратегий по эффективному использованию биоресурсов.

Хани Абу-Кдэйс – доктор наук, профессор иорданского университета науки и технологий (*Jordan University of Science and Technology*), международный эксперт в области экологической инженерии, устойчивого управления отходами и возобновляемых источников энергии. Он представляет научное сообщество Ближнего Востока и имеет обширный опыт сотрудничества с международными организациями, включая ООН, ЮНЕП и др. Его научные интересы охватывают такие направления, как переработка органических отходов, производство биогаза, внедрение инновационных технологий в агроэкологическом секторе.

Авторы являются представителями России и Иордании в международной ассоциации «От отходов к энергии» (*Global WiERT Council*). Совместная работа А. И. Курбатовой и Х. Абу-Кдэйса в данной монографии представляет синтез экономического и инженерного подходов к решению актуальных задач биоэкономики. Их междисциплинарный взгляд позволяет более широко посмотреть на инновационные механизмы валоризации органических отходов в контексте перехода к Бионике 4.0 – новой парадигме, базирующейся на цифровизации, устойчивости и биоориентированном развитии.

В совместной работе двух учёных затронута чрезвычайно важная проблема, связанная с увеличением добавленной стоимости при ва-

лоризации биомассы, особенно органических отходов (с. 27–42). Авторы описывают концепцию биооснованных производственно-сбытовых цепочек, что предполагает создание эффективных связей между этапами производства, переработки и сбыта продукции из биомассы. Например, пищевая промышленность по всему миру производит миллионы тонн растительных отходов, которые могут быть преобразованы в ценные компоненты с высокой добавленной стоимостью, — белки, волокна, полисахариды, ароматизирующие соединения и различные фитохимические вещества. Эти биоактивные соединения могут быть использованы в качестве функциональных ингредиентов в пищевых, фармацевтических, медицинских, косметических и других продуктах (с. 42).

Весьма интересна идея о том, что каскадное использование считается центральной концепцией биоэкономики: «...как правило, каскадирование — это оптимизация функционального и последовательного использования биомассы в соответствии с текущими условиями и будущих альтернативных применений. С точки зрения эффективности каскадирование направлено на максимизацию социально-экономической ценности в условиях ограниченности ресурсов. Каскадирование может рассматриваться как приоритетное использование биомассы с высокой (социально-экономической) ценностью. Это означает, что растительная биомасса впервые используется в пищевом секторе для обеспечения продовольственной безопасности или для производства фармацевтических препаратов в сфере здравоохранения. Затем остаточные вещества используются в качестве сырья и/или материалов, прежде чем побочные продукты будут окончательно использованы для производства энергии» (с. 30).

И действительно, применение этой концепции к производственно-сбытовым цепочкам на биологической основе позволяет не только эффективно использовать сырьё, но и минимизировать образование отходов, снижая нагрузку на окружающую среду. Каскадный подход способствует последовательному извлечению высокой добавленной стоимости на каждом этапе переработки, начиная с производства пищевых продуктов и заканчивая получением биоэнергии или биоматериалов.

В каждой главе теоретический материал дополнен результатами исследований авторов. Так, в главе «Биоэкономика и управление пищевыми отходами: синергия для устойчивого будущего» рецензируемой монографии приводится международный кейс в области технологий переработки пищевых отходов. Данная работа характеризуется новизной эмпирического материала, особое внимание в смягчении последствий изменения климата уделяется компостированию органических отходов. Воздействие пищевых отходов на окружающую среду и климат является серьёзной проблемой, требующей внимания на глобальном уровне [21]. Пищевые отходы, образующиеся на всех этапах производственно-сбытовой цепочки — от сельского хозяйства до потребления, — представляют собой значительный источник негативного воздействия на окружающую среду. Эффективное управление пищевыми отходами и их переработка являются важными шагами к снижению негативного воздействия на окружающую среду и климат. Оно включает внедрение технологий, направленных на переработку и повторное использование пищевых отходов, а также повышение осведомлённости населения о важности сокращения пищевых потерь. Утилизацией твёрдых бытовых отходов в Иордании в основном занимаются муниципальные власти. На сегодняшний день Иордания не придерживается принципа «безотходного» обращения с твёрдыми отходами, т. к. более 90% образующихся отходов направляется на свалки. В структуре ТКО на пищевые отходы (органические) приходится от 50% до 65% (по массе). Сектор обращения с отходами в Иордании за последние 5 лет стал вторым по величине источником выбросов парниковых газов и «отвечает» за 10,6% объёма выбросов парниковых газов в стране (2024 г.), причем 98,6% этих выбросов обусловлены захоронением твердых коммунальных отходов. Данный пример иллюстрирует важность проблемы валоризации пищевых отходов для снижения «парниковой» нагрузки на климатическую систему.

Нельзя не отметить важный аспект, обозначенный авторами, касающийся цифровой трансформации индустрии в сфере обеспечения качества пищевых продуктов. Так, в последние годы технологии, обеспечивающие развитие индустрии 4.0, произвели ре-

волюцию в агропродовольственной системе, повысив эффективность производства продуктов питания при минимальном использовании ресурсов. В монографии приведены данные Американского общества качества (*The American Society for Quality*) по внедрению 7 новых инструментов, которые поддерживаются цифровыми решениями: искусственный интеллект, большие данные, технология блокчейн, глубокое обучение, машинное обучение, наука о данных и стимулирующие технологии. Наглядный пример цифровой трансформации индустрии 4.0: качество пищевых продуктов: «Искусственный интеллект и аналитика больших данных служат основой цифровой трансформации, позволяя пищевой промышленности использовать свой потенциал на каждом этапе цепочки поставок продуктов питания («от фермы до вилки»), что позволяет создавать устойчивую добавленную стоимость» [23]. Искусственный интеллект, например, может оценивать качество овощей и фруктов на разных этапах процесса сбора, чтобы выявлять такие изменения, как порча и рост плесени. Аналитика больших данных охватывает огромные объёмы сложных данных, которые позволяют компаниям извлекать важную информацию: рыночные тенденции, оптимизацию цепочки поставок, сокращение отходов, повышение эффективности производства и предпочтения клиентов. Робототехника автоматизирует такие задачи, как подготовка почвы, посадка, сбор урожая и прополка, с помощью таких инноваций, как робот *Berry 5* от *Harvest Croo Robotics* для сбора клубники и робот для сбора баклажанов с использованием передовых алгоритмов. Сочетание технологий искусственного интеллекта и пищевой печати привело к созданию стартапов и исследовательских инициатив, например: *Impossible Food*, *NotCo*, *Danone*, *Just Egg*, *Fazenda Futuro* и *Fir menich* для разработки различных альтернатив растительному белку. Эти фирмы используют нейронные сети для определения идеальных сочетаний растений, которые имитируют текстуру, питательный состав и вкус блюд животного происхождения.

Качество пищевых продуктов (*Food Quality*) и биоэкономика тесно связаны между собой, т. к. биоэкономика предполагает использование биологических ресурсов для создания устойчивых продуктов и услуг, что напрямую

влияет на качество пищи, которую мы потребляем.

Следует отметить, что монография представляет собой одно из первых на русском языке комплексных исследований на стыке биоэкономики и Индустрии 4.0, с акцентом на качество пищевой продукции. Это существенно расширяет доступ российской научной аудитории к современным международным подходам и технологическим решениям в данной сфере.

Высокий научный уровень работы подтверждается анализом обширной базы источников – 180 публикаций, включая статьи, опубликованные в высокорейтинговых журналах (*International Journal of Food Microbiology*, *Algal Research*, *Food Hydrocolloids*, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, *Trends in Food Science & Technology*, *Journal of Food Engineering*, *Current Research in Green and Sustainable Chemistry* и т.д.). Авторы демонстрируют преемственность научного подхода, сочетая в работе положения фундаментальных и прикладных исследований в области агроэкологии, химии, технологий пищевой промышленности, биоэкономики и цифровых производственных систем. Монография опирается на фундаментальные знания в области почвоведения, микробиологии, агрохимии и экологии для понимания процессов разложения органических отходов и их влияния на окружающую среду.

Таким образом, монография не только описывает отдельные технологии валоризации, а интегрирует знания из различных областей науки и техники, от фундаментальных принципов до практических приложений. Включение в анализ как зарубежных, так и российских нормативных документов позволяет связать теоретические положения с практическими механизмами регулирования пищевой отрасли. Такой подход усиливает прикладную значимость работы и её потенциал в сфере экспертно-аналитической деятельности и законотворчества. Подход авторов к системному обзору литературы формирует основу для дальнейших научных исследований в рамках биоэкономики, включая разработку новых методик оценки качества пищевых отходов, их валоризации и интеграции в производственные цепочки.

Новизна авторских идей состоит в следующих положениях:

1. обосновывается необходимость создания адекватной цифровой инфраструктуры и сервисов, особенно в развивающихся странах (Судане, Анголе, Узбекистане, Пакистане, Ираке, в странах Ближнего Востока и Северной Африки);

2. показана необходимость применения междисциплинарного подхода, в соответствии с основными принципами индустрии 4.0: объединение различных научных областей и экспертных знаний, имеющих решающее значение для ускорения цифровой трансформации в области биоэкономики.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МОНОГРАФИИ

Первая глава является вводной, авторы анализируют дефиниции термина «биоэкономика», показывают, что данный термин из сугубо научного обихода перешёл в область принятия государственных решений (с. 11).

Вторая глава посвящена биологической цепочке создания стоимости и цифровой трансформации качества пищевой продукции (с. 28). Описаны современные подходы к созданию цепочек добавленной стоимости при переработке биомассы. Например, авторы обращают внимание на производство биотоплива из сырья *первого* (сахарный тростник, сахарное сорго, сахарная свекла, кукуруза, пшеница, ячмень, картофель), *второго* (ятрофа, рыжик, каучуконос, жожоба, мискантус, подорожник и канареечный тростник; а также отходы агропромышленного и лесного хозяйства), *третьего* (цианобактерии и микроводоросли) и *четвёртого* (генномодифицированные водоросли) поколений, последнее считается наиболее перспективным способом удовлетворения мирового спроса на энергию (с. 33). Получение биотоплива из микроводорослей является «зелёной» технологией [12].

Авторы подчёркивают, что биоэкономические подходы могут приносить положительные экстерналии: увеличение использования несельскохозяйственных земель для посадки энергетических культур, например, на заброшенных или деградировавших землях, а также на землях, не используемых для сельского хозяйства. При этом в работе не обсуждаются проблемы, например, порождённые вырубкой продуктивных лесов и обуславливающие

ущерб биоразнообразию и охране глобального климата [11].

Третья глава посвящена устойчивому управлению органическими отходами в рамках биоэкономики (с. 65). Устойчивое управление проявляется не только в улучшении качества окружающей среды, сохранение природных ресурсов, но и в смягчении последствий изменения климата, являясь основой «зелёного» развития, что особенно заметно на примере отдельных регионов [20]. Действительно, продлевая «срок использования» органической продукции или вовлекая уже образовавшиеся органические отходы обратно в цикл, мы значительно минимизируем воздействие на окружающую среду и сохраняем наши ресурсы.

Так, в монографии авторы проводят исследования современного законодательства различных стран мира в области управления органическими отходами, способствующего развитию практик устойчивого управления (с. 129). Во Франции в 2020 г. вступил в силу всеобъемлющий закон о борьбе с отходами, направленный на преобразование всей системы производства, распределения и потребления из линейной в циклическую экономическую модель. Амбициозные цели включают сокращение количества пищевых отходов на 50% к 2030 г. по сравнению с 2015 г. С момента внедрения этих мер Франция добилась значительных успехов, сократив количество пищевых отходов на 10% в период с 2016 по 2020 г., согласно данным Евростата (с. 139).

У Швеции 2 основные цели по сокращению пищевых отходов: во-первых, снизить в период 2020–2025 гг. общий объём пищевых отходов на душу населения, как минимум, на 20% по весу; во-вторых, к 2025 г. обеспечить поступление в магазины и к потребителям большей части произведённых продуктов питания, чтобы уменьшить их потери (с. 140).

В Германии Национальная стратегия Федерального министерства продовольствия и сельского хозяйства по сокращению пищевых отходов (*National Strategy for Food Waste Reduction*), которая была представлена в феврале 2019 г., направлена на введение обязательных мер по сокращению количества пищевых отходов на всех этапах от фермы до продуктового магазина (с. 138).

В главе 4 «Валоризация пищевых отходов: от переработки к созданию добавленной сто-

имости» авторы интегрируют результаты научных исследований как российских, так и зарубежных учёных, что придаёт работе особую ценность. Акцентируется внимание на важности процесса превращения отходов в более полезные продукты, включая химические вещества, материалы и топливо. Например, широкое использование бананов в пищевой промышленности приводит к образованию значительного количества отходов в виде банановой кожуры, листьев, черешков (с. 150). Только банановая кожура составляет 30–40% (по массе) свежего бананового плода, что создаёт серьёзную проблему для безопасной утилизации твердых отходов. Повторное использование банановой кожуры имеет решающее значение с экологической точки зрения, поскольку её изучают как возможное сырьё для создания разнообразных продуктов с дополнительной добавленной стоимостью. Банановая кожура используется в различных отраслях промышленности, включая производство биотоплива, биосорбентов, целлюлозы и бумаги, косметику, энергетику, органические удобрения, очистку окружающей среды и биотехнологические процессы. Банановая кожура богаче фитохимическими соединениями (полифенолами и каротиноидами, витаминами А, В6, В12, а также магнием, калием, клетчаткой и белком), чем её мякоть. Это подчёркивает необходимость перехода к устойчивым методам управления отходами, что является крайне актуальным в условиях современных экологических вызовов (с. 148).

Авторы приводят примеры использования биоотходов из фруктов и овощей, которые являются буквально «сокровищами для нашего здоровья», ведь в них содержится многие необходимые питательные вещества и фитохимические вещества. Так, кожура апельсинов, винограда, лимонов и семена манго и авокадо являются одними из примеров, когда концентрация фенолов более чем на 15% превышает концентрацию в мякоти фруктов. Кожура граната представляет собой ресурс, сравнимый с плодами, если не лучший, который может быть использован в качестве источника биосоединений с высокой добавленной стоимостью в области нутрицевтики для разработки новых пищевых добавок, благотворно влияющих на здоровье человека (с. 148). Банановая кожура обладает высокой антиоксидантной активностью и антимикробными свойствами,

потенциалом в нутрицевтической и медицинской промышленности, широко используется в качестве корма для скота.

Последняя, пятая, глава монографии сосредоточена на проблеме использования биологических соединений в упаковке пищевых продуктов, что также является важным аспектом устойчивого развития в рамках биоэкономических исследований (с. 158). Например, в настоящее время использование биомассы микроводорослей в производстве упаковочных материалов на биологической основе заинтересовало учёных. Водоросли представляют собой прекрасную альтернативу для натурального производства биоупаковки и потенциально способствующей развитию биоэкономики (с. 166). Существующие исследования показали, что биополимер на основе водорослей обладает улучшенными механическими свойствами по сравнению с полимером на основе нефти [10].

Авторы обосновывают актуальность применения материалов на биологической основе, а также внедрения энергоэффективных практик и технологий. Например, зеин (белок кукурузного зерна из группы проламинов) сохраняет эффективность для упаковки пищевых продуктов из-за его превосходной биоразлагаемости, биосовместимости и газобарьерных свойств. Он также является термопластичным материалом из-за своего блестящего внешнего вида, нерастворимости в воде и адгезионных пленкообразующих свойств (с. 163). Эти подходы могут создать максимальную синергию между ресурсами, способствуя устойчивому развитию различных секторов экономики и минимизируя негативное воздействие на окружающую среду. Как указывают авторы, использование упаковочных материалов на биологической основе минимизирует выбросы парниковых газов, а также продлевает срок годности различных пищевых продуктов из-за содержания в ней противомикробных соединений.

Интересен пример биоупаковки из крахмала (с. 160). Из-за своей щедрой распространённости в природе его можно найти повсюду – в клубнях картофеля, зёрнах кукурузы, стеблях риса, а иногда и в экзотических уголках, как, например, в кокосах бабассу. Учёные привлекают этот ценный компонент и превращают его в экологичную альтернативу полистиролу. Так крахмал становится героем новой эпохи –

эпохи зелёной науки, устойчивого будущего и мудрой переработки. Он считается идеальной альтернативой полистиролу и обычно применяется в одноразовой посуде, мисках, тарелках, бутылках, столовых приборах, бутылках и т. д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, монография является заметным вкладом в теорию и практику управления отходами и может послужить основой для внедрения инновационных технологий в эту проблемную для многих стран сферу хозяйственной деятельности.

При переиздании монографии рекомендуется обратить внимание на экономические и институциональные механизмы стимулирования валоризации. Так, эффективные механизмы стимулирования могут создать и расширить рынок биопродуктов (продукции без искусственных пестицидов, регуляторов, искусственных пищевых добавок) и услуг, делая валоризацию органических от-

ходов более привлекательной для бизнеса. Среди экономических механизмов следует выделить субсидии и гранты, налоговые льготы (например, анализ налоговых льгот для компаний, занимающихся переработкой отходов, производством биопродуктов и возобновляемой энергии), зелёные облигации, тарифы и квоты (обсуждение возможности установления тарифов на захоронение отходов и квот на использование биопродуктов). В экономическом контексте заслуживает рассмотрения анализ того, как расширенная ответственность производителя может стимулировать переработку органических отходов и производство биопродуктов с обсуждением возможностей включения проектов по валоризации органических отходов в систему торговли выбросами. Среди институциональных механизмов актуален анализ существующих нормативных актов с целью выработки рекомендаций по их совершенствованию, а также разработка стандартов качества для биопродуктов и внедрение систем сертификации для подтверждения их экологичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Т. В. Оценка эффективности цепочки создания стоимости продукта в пищевой промышленности: дис. ... канд. экон. наук. Оренбург, 2012. 211 с.
2. Биоэкономика в России: перспективы развития / О. В. Кудрявцева, Т. И. Андреевко, А. В. Бартош, С. Н. Бобылев, М. С. Головин, А. А. Горячева, Е. Ю. Яковлева. М.: Проспект, 2017. 176 с.
3. Бобылёв С. Н., Михайлова С. Ю., Кирюшин П. А. Биоэкономика: проблемы становления // Экономика. Налоги. Право. 2014. № 6. С. 20–25.
4. Бобылев С. Н., Порфирьев Б. Н. В поисках новой экономики // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2019. № 4. С. 3–7. DOI: 10.38050/01300105201941
5. Бобылев С., Соловьева С., Кирюшин П. Крах глобальной модели потребления: в поисках устойчивости // Мировая экономика и международные отношения. 2022. Т. 66. № 11. С. 92–100. DOI: 10.20542/0131-2227-2022-66-11-92-100
6. Герцик Ю. Г., Омельченко И. Н. Биотехнологии как основа развития биоэкономики // XLVI Академические чтения по космонавтике. 2022. Т. 2. С. 22–26.
7. Игнатенко А. С., Идрисова В. В., Литвинова Ю. О. Анализ глобальных цепочек в моделях международной торговли. М.: ИД Дело РАН-ХиГС, 2017. 126 с.
8. Карцхия А. А. Биоэкономика и биобезопасность: правовой аспект // Правовая информатика. 2024. № 3. С. 216–224. DOI: 10.24412/1994-1404-2024-3-216-224
9. Катанаева Ю. А. Пищевые отходы как ценный источник компонентов с высокой добавленной стоимостью // Материалы пула научно-практических конференций / под ред. Е. П. Масюткина. Керчь, 2022. С. 121–124. DOI: 10.56634/16948335.2023.2.1102-1116
10. Комплексное использование отходов плодовоовощного производства при сушке органоминерального удобрения / А. И. Ажгиревич, Д. И. Монастырский, М. А. Куликова, Е. А. Грибут, Т. А. Колесникова, А. Н. Андреева, Д. А. Новикова // Проблемы региональной экологии. 2022. № 2. С. 107–113. DOI: 10.24412/1728-323X-2022-2-107-113
11. Медведков А. А. Геоэкологические проблемы в контексте климатических изменений: теоретический анализ и региональные проявления // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2025. Т. 88. № 3. С. 263–280. DOI: 10.31857/S2587556624030011
12. Мутиц О. С. Биоэкономика в России и мире: современное состояние и проблемы // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11. № 12-1. С. 416–424. DOI: 10.34670/AR.2021.80.37.034
13. Нестеренко М. А., Комлацкий Г. В. Биоэкономика как новая парадигма развития // Russian

- Journal of Management. 2022. № 4. С. 96–100. DOI: 10.29039/2409-6024-2021-9-4-96-100
14. Рассохина И. И., Коткова Д. Н., Платонов А. В. Анализ мировой публикационной активности по направлению «биоэкономика» // Проблемы развития территории. 2019. № 3. С. 152–165. DOI: 10.15838/ptd.2019.3.101.10
 15. Теория и практика развития биоэкономики: инновации, цифровизация, трансформация... / И. А. Максимцев., А. Э. Сулейманкадиева, Н. М. Фомичева, И. И. Добросердова, Н. С. Лавецкая, Л. В. Хорева, Н. А. Димитриади и др. СПб.: СПбГЭУ, 2019. 154 с.
 16. Титова Е. С., Шишкин С. С., Штыхно Д. А. Биоэкономика – один из путей к устойчивому развитию регионов России // Федерализм. 2023. Т. 28. № 1. С. 56–79. DOI: 10.21686/2073-1051-2023-1-56-79
 17. Тяглов С. Г., Атамась Е. В. Экономика замкнутого цикла в сельскохозяйственном производстве: потенциал реализации в новых институциональных условиях // Регионология. 2024. Т. 32. № 4. С. 635–652. DOI: 10.15507/2413-1407.129.032.202404.635-652
 18. Abu Qdais H., Al-Widyan M. Evaluating composting and co-composting kinetics of various agro-industrial wastes // International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 2024. № 5. DOI: 10.1007/s40093-016-0137-3
 19. Advanced Technologies for Bioeconomy: The Case of Microalgae Production / I. Adarchenko, A. Kurbatova, N. Porotnikova, E. Savenkova, V. Kumar, Y. Skorokhodova // Foresight and STI Governance. 2024. № 18. P. 69–83. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.69.83
 20. Evseev A. V., Krasovskaya T. M., Medvedkov A. A. “Green” development of the Ugra territory: options and obstacles // Geography, Environment, Sustainability. 2017. Т. 10. № 2. P. 94–102. DOI: 10.24057/2071-9388-2017-10-2-94-102
 21. Industry 4.0 digital transformation: Shaping the future of food quality / B. Bisht, K. Rawat, A. Vohat, N. Jangid, N. Singh, K. Nishinari, M. S. Vlaskin et al. // Food Control. 2025. Vol. 170. DOI: 10.1016/j.foodcont.2024.111030
 22. Kuznetsova A., Al-Shekhadat R. I. Food waste as a raw material for production of polyhydroxyalkanoates: State and prospects // Food systems. 2024. № 7. P. 31–43. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-1-31-43
 23. Terleeva A. V. Organic waste recycling in the context of resource scarcity problem: historical aspect // Russian journal of resources, conservation and recycling. 2021. № 8. DOI: 10.15862/02ECOR321
 - of the efficiency of the product value chain in the food industry: Cand. Sci. thesis in Economics sciences]. Orenburg, 2012. 211 p.
 2. Kudryavtseva O. V., Andreenko T. I., Bartosh A. V., Bobylev S. N., Golovin M. S., Goryacheva A. A., Yakovleva E. Yu. *Bioekonomika v Rossii: perspektivy razvitiya* [Bioeconomics in Russia: development prospects]. Moscow, Prospect Publ., 2017. 176 p.
 3. Bobylev S. N., Mikhailova S. Yu., Kiryushin P. A. [Bioeconomics: problems of formation]. In: *Ekonomika. Nalogi. Pravo* [Economy. Taxes. Law], 2014, no. 6, pp. 20–25.
 4. Bobylev S. N., Porfiriev B. N. [In search of a new economy]. In: *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika* [Bulletin of Moscow University. Series 6. Economy], 2019, no. 4, pp. 3–7. DOI: 10.38050/01300105201941
 5. Bobylev S., Solovieva S., Kiryushin P. [The Collapse of the Global Consumption Model: In Search of Sustainability]. In: *Mirovaya ekonomika i razvivayushchiesya otnosheniya* [World Economy and International Relations], 2022, vol. 66, no. 11, pp. 92–100. DOI: 10.20542/0131-2227-2022-66-11-92-100
 6. Gertsik Yu. G., Omelchenko I. N. [Biotechnology as the Basis for the Development of the Bioeconomy]. In: *XLVI Akademicheskije chteniya po kosmonavtike* [46th Academic Readings on Cosmonautics], 2022, vol. 2, pp. 22–26.
 7. Ignatenko A. S., Idrisova V. V., Litvinova Yu. O. *Proanaliziruyte voz'mite tsepohek v modelyakh mezhdunarodnoy trgovli* [Analysis of global chains in international trade models]. Moscow, ID Delo RANEPА Publ., 2017. 126 p.
 8. Kartkhiya A. A. [Bioeconomics and biosafety: legal aspect]. In: *Pravovaya informatika* [Legal informatics], 2024, no. 3, pp. 216–224. DOI: 10.24412/1994-1404-2024-3-216-224
 9. Katanaeva Yu. A. [Food waste as a valuable source of components with high added value]. In: Masyutkin E. P., ed. *Materialypula nauchno-prakticheskikh konferentsiy* [Proceedings of the pool of scientific and practical conferences]. Kerch, 2022, pp. 121–124. DOI: 10.56634/16948335.2023.2.1102-1116
 10. Azhgirevich A. I., Monastyrsky D. I., Kulikova M. A., Gribut E. A., Kolesnikova T. A., Andreeva A. N., Novikova D. A. [Complex use of fruit and vegetable production waste in drying organomineral fertilizer]. In: *Problemy regionalnoy ekologii* [Problems of regional ecology], 2022, no. 2, pp. 107–113. DOI: 10.24412/1728-323X-2022-2-107-113
 11. Medvedkov A. A. [Geoecological problems in the context of climate change: theoretical analysis and regional manifestations]. In: *Izvestiya akademii rossiyskikh nauk. Seriya geograficheskaya* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographi-

REFERENCES

1. Andreeva T. V. *Otsenka effektivnosti tsepochni sozdaniya stoimosti produktsii v pishchevoy promyshlennosti: dis. ... 4kand. ekon. nauk* [Evaluation

- cal series], 2025, vol. 88, no. 3, pp. 263–280. DOI: 10.31857/S2587556624030011
12. Mutits O. S. [Bioeconomics in Russia and the world: current state and problems]. In: *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economy: yesterday, today, tomorrow], 2021, vol. 11, no. 12-1, pp. 416–424. DOI: 10.34670/AR.2021.80.37.034
 13. Nesterenko M. A., Komlatsky G. V. [Bioeconomics as a new development paradigm]. In: *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta* [Russian Journal of Management], 2022, no. 4, pp. 96–100. DOI: 10.29039/2409-6024-2021-9-4-96-100
 14. Rassokhina I. I., Kotkova D. N., Platonov A. V. [Analysis of global publication activity in the field of "bioeconomics"]. In: *Problemy razvitiya territorii* [Problems of Territory Development], 2019, no. 3, pp. 152–165. DOI: 10.15838/ptd.2019.3.101.10
 15. Maksimtsev I. A., Suleymankadiyeva A. E., Fomicheva N. M., Dobroserdova I. I., Lavetskaya N. S., Khoreva L. V., Dimitriadi N. A., et al. *Teoriya i praktika razvitiya bioekonomiki: innovatsii, tsifrovizatsiya, transformatsiya...* [Theory and practice of bioeconomy development: innovation, digitalization, transformation...] St. Petersburg, SPbGEU Publ., 2019. 154 p.
 16. Titova E. S., Shishkin S. S., Shtykhno D. A. [Bioeconomy is one of the ways to sustainable development of Russian regions]. In: [Federalism], 2023, vol. 28, no. 1, pp. 56–79. DOI: 10.21686/2073-1051-2023-1-56-79
 17. Tyaglov S. G., Atamas E. V. [Circular Economy in Agricultural Production: Potential for Implementation in New Institutional Conditions]. In: *Regionologiya* [Regionology], 2024, vol. 32, no. 4, pp. 635–652. DOI: 10.15507/2413-1407.129.032.202404.635-652
 18. Abu Qdais H., Al-Widyan M. Evaluating composting and co-composting kinetics of various agro-industrial wastes. In: *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2024, no. 5. DOI: 10.1007/s40093-016-0137-3
 19. Adarchenko I., Kurbatova A., Porotnikova N., Savenkova E., Kumar V., Skorokhodova Y. Advanced Technologies for Bioeconomy: The Case of Microalgae Production. In: *Foresight and STI Governance*, 2024, no. 18, pp. 69–83. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.69.83
 20. Evseev A. V., Krasovskaya T. M., Medvedkov A. A. "Green" development of the Ugra territory: options and obstacles. In: *Geography, Environment, Sustainability*, 2017, vol. 10, no. 2, pp. 94–102. DOI: 10.24057/2071-9388-2017-10-2-94-102
 21. Bisht B., Rawat K., Vohat A., Jangid N., Singh N., Nishinari K., Vlaskin M. S., et al. Industry 4.0 digital transformation: Shaping the future of food quality. In: *Food Control*, 2025, vol. 170. DOI: 10.1016/j.foodcont.2024.111030
 22. Kuznetsova A., Al-Shekhadat R. I. Food waste as a raw material for production of polyhydroxyalkanoates: State and prospects. In: *Food systems*, 2024, no. 7, pp. 31–43. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-1-31-43
 23. Terleeva A. V. Organic waste recycling in the context of resource scarcity problem: historical aspect. In: *Russian journal of resources, conservation and recycling*, 2021, no. 8. DOI: 10.15862/02ECOR321

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Бейсенова Райхан Рымбаевна – доктор биологических наук, профессор, проректор по науке и международному сотрудничеству Казахского национального университета водного хозяйства и ирригации; e-mail: r.beisenova@kaznuvhi.edu.kz

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Raikhan R. Beisenova – Dr. Sci. (Biology), Prof., Vice-Rector for Science and International Cooperation, Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Kazakhstan; e-mail: r.beisenova@kaznuvhi.edu.kz

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Бейсенова Р. Р. Рецензия на монографию: Курбатова А. И., Абу-Кдэйс Х. Биоэкономика 4.0: инновационные подходы к валоризации органических отходов. М.: ИНФРА-М, 2026. 202 с. // Географическая среда и живые системы. 2025. № 1. С. 131–140.

FOR CITATION

Beisenova R. R. Review of the monograph: Kurbatova A. I., Abu-Qdais H. Bioeconomics 4.0: innovative approaches to the valorization of organic waste. Moscow: INFRA-M, 2026. 202 p. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2025, no. 1, pp. 131–140.