УДК 631.95:338.43

ОПЫТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ В КОНТЕКСТЕ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А.В. ТИХОЛАЗ
(Представлено: Е.А. КОСТЮЧЕНКО)

В статье рассмотрены принципы циркулярной экономики и её отличие от линейной модели «производство – использование – утилизация», а также роль циклической модели в устойчивом развитии сельского хозяйства. Изучена сущность биоэкономики 4.0, её связь с цифровизацией, автоматизацией и использованием больших данных для оптимизации процессов валоризации органических отходов. Проанализированы проблема восстановления почвенного плодородия, формы концентрированных органических удобрений, уровень органообеспеченности посевных площадей, а также технологии переработки органических отходов. Рассмотрены экономические, экологические и институциональные эффекты валоризации органических отходов, концепция каскадного использования биомассы, опыт Германии, белорусские проекты в сфере обращения с органическими отходами и перспективы производства биоупаковки.

Ключевые слова: *циркулярная экономика, органические отходы, сельское хозяйство, биоэкономика, валоризация отходов.*

Современная глобальная и национальные экономики сталкиваются с необходимостью смены ориентиров: классическая линейная модель «производство – использование – утилизация» уступает место циклической экономике. Её принцип – «производство – использование – регенерация – повторное использование» – предполагает вовлечение максимального объёма потенциальных отходов, их переработку и возврат в хозяйственный оборот вплоть до перехода к безотходному производству [1, с. 1518].

Применительно к сельскому хозяйству циркулярная модель рассматривается как перспективный вариант устойчивого развития, поскольку концепция циркулярной экономики не противоречит базовым принципам ведения сельского хозяйства, а в силу специфики отрасли имеет благоприятные условия для внедрения. Традиционно отходы животноводства, богатые питательными веществами (азотом, фосфором, калием), использовались в качестве источника удобрений для повышения качества почв; органические отходы растениеводства и животноводства могут быть направлены для получения экологически чистых источников энергии [2, с. 409].

В более широком контексте формируется биоэкономика 4.0, которая связывает циркулярные модели с цифровизацией, автоматизацией и использованием больших данных для оптимизации процессов валоризации органических отходов. Развитие отраслей биоэкономики предполагает повышение ресурсо- и энергоэффективности, валоризацию отходов, развитие возобновляемой энергетики на основе биомассы, производство функциональных продуктов питания [3, с. 131].

Крупнейшим поставщиком органических отходов Российской Федерации выступает аграрный сектор национальной экономики. По итогам 2022 года получено 163 млн тонн отходов от крупного рогатого скота, 85 млн тонн – от свиней, почти 6 млн тонн – от овец и коз. Ежегодно образуется более 300 млн тонн отходов сельского хозяйства и побочных продуктов животноводства [4]. В зависимости от свежести животноводческие отходы относятся к 3-4 классам опасности, а их обращение регулируется законами Российской Федерации «Об отходах производства и потребления» и «О лицензировании отдельных видов деятельности» [1, с. 1519]. В Республике Беларусь приняты аналогичные законодательные акты: закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами» [5] и «О лицензировании» [6].

На фоне интенсивного использования сельскохозяйственных почв проблема восстановления почвенного плодородия становится первостепенной. Пополнить почву органическими веществами и питательными элементами можно только при внесении органических удобрений, поэтому органические отходы животноводства крайне важно вовлекать в переработку. Традиционные формы органических удобрений показали несостоятельность из-за больших доз внесения, множества проходов техники, значительных затрат и незначительного удобрительного эффекта. В связи с этим рассматриваются концентрированные формы: твердые концентрированные органические удобрения, жидкие концентрированные органические удобрения и концентрированный органический компост [1, с. 1520].

Уровень органообеспеченности посевных площадей остаётся недостаточным. В 2020 году на 9,24% площадей под зерновыми и зернобобовыми культурами были внесены удобрения, при использовании ЖКОУ и КОК – на 10,14% [1, с. 1521].

Ранжирование отраслей-производителей органических отходов показывает, что животноводство является лидером и наиболее прогрессивным в части организации работы с органикой. Растениеводство в Российской Федерации выступает второй по объёму отраслью: при производстве кукурузы на зерно около 50% массы приходится на полевые отходы, более 30% – на отходы при обработке, и лишь менее 20% – на зерно. Большие объёмы соломы часто сжигаются на полях, не находя должного применения [1, с. 1523].

Переработка сельскохозяйственной продукции также производит значительный объём вторичных ресурсов: корзины подсолнечника, створки и стебли хлопчатника, яблочные и виноградные выжимки, свекловичный жом, рисовая шелуха. Эти ресурсы богаты микроэлементами и питательными веществами. Пищевая промышленность и предприятия общественного питания также собирают и утилизируют пищевые отходы, которые подлежат вовлечению в экономику замкнутого цикла в виде кормов для животных.

Наиболее распространённым способом переработки органических отходов является производство органических удобрений и компостов. Часть отходов применяется как сырьё для кормов, незначительная доля используется в вермикультивировании. Относительно новым способом выступает производство биогаза [1, с. 1524].

В монографии Курбатовой и Абу-Кдэйса рассмотрены передовые технологии: анаэробное сбраживание, компостирование, пиролиз, газификация и производство биопластиков. Особый интерес представляет биотехнология с использованием личинок мухи «Черная львинка» (Hermetia illucens), которые потребляют и разлагают до 70% органических материалов. Исследования подтверждают, что личинки BSF демонстрируют превосходные показатели биоконверсии органической фракции ТКО, а из выделенных белковых фракций можно получать биоразлагаемые пластиковые плёнки, способные заменить традиционные нефтехимические материалы. Охарактеризованы также гидротермальные технологии, не требующие предварительной сушки сырья и позволяющие перерабатывать отходы с эффективностью выхода продукта до 90% [3, с. 131].

В исследовании подчёркивается, что каскадное использование биомассы предполагает последовательную схему: сначала биомасса направляется в пищевой сектор, затем остаточные вещества применяются как сырье, и лишь на завершающем этапе – для производства энергии. Для стимулирования такой модели, как правило, используются экономические и институционные механизмы: субсидии и гранты, налоговые льготы, «зеленые» облигации, тарифы и квоты, а также расширенная ответственность производителя [3, с. 134].

Экологический эффект от внедрения циркулярных подходов достигается за счёт сокращения выбросов органических отходов в водоёмы, предотвращения загрязнения почвенного покрова и освобождения площадей для складирования. Это формирует эколого-экономическую составляющую экономической безопасности государства.

Устойчивое управление органическими отходами способствует смягчению последствий изменения климата. Пример Германии демонстрирует эффективность комплексного подхода: Закон о циркулярной экономике и система раздельного сбора обеспечивают высокий уровень переработки, снижение количества отходов, попадающих на полигоны, и вклад системы обращения с отходами в защиту климата. Особое внимание уделено обработке органических отходов, включая компостирование и анаэробное сбраживание, которые позволяют эффективно использовать биоразлагаемые материалы и сокращать выбросы парниковых газов [7].

Беларусь также демонстрирует амбициозные цели в сфере обращения с органическими отходами. В августе 2025 года утверждена Стратегия по обращению с отходами производства и потребления, цель которой – достичь уровня использования отходов не менее 90% к 2040 году с учётом принципа углеродной нейтральности [8]. Достижение запланировано в три этапа: к 2030 году уровень использования ТКО должен составить 70%, а осадков сточных вод – около 60%. По итогам 2025 года уровень переработки ТКО в Беларуси составил 48,9%, что более чем в три раза превышает показатель 2015 года (15,6%). Объём использования органической части ТКО (растительные отходы, дворовой смет) достиг 704 тыс. тонн, превысив прогнозный уровень в два раза [8].

Развивается и инфраструктура переработки органики. В Слониме в 2021 году запущен проект по получению органического удобрения из ТКО и целлюлозосодержащих компонентов – в нём участвовало более 500 квартир и 7 многоэтажных домов, жильцы которых собирали пищевые отходы в биоразлагаемые пакеты. Полученное удобрение прошло регистрацию техрегламента и проверяется в производственных условиях для применения под сельскохозяйственные культуры [9]. В Пуховичском районе Минской области строится региональный полигон, который охватит три района; на площадке планируется разместить участок компостирования органики, линию по переработке крупногабаритных отходов и мощности по сортировке ТКО [10].

Перспективным направлением является производство биоупаковки. Использование материалов на биологической основе, таких как крахмал, зеин и биомасса микроводорослей, минимизирует выбросы парниковых газов и продлевает срок годности продуктов благодаря противомикробным соединениям. Цифровая трансформация индустрии 4.0 вносит вклад: искусственный интеллект и аналитика больших данных позволяют оценивать качество продуктов на разных этапах и оптимизировать цепочки поставок [3, с. 137].

Переход к циркулярной экономике в сельском хозяйстве – не просто экологический тренд, а необходимое условие устойчивого развития. Линейная модель «производство – использование – утилизация» исчерпала себя, тогда как циклическая позволяет вовлекать органические отходы в переработку и возвращать их в хозяйственный оборот. Особое значение приобретает биоэкономика 4.0, соединяющая циркулярные принципы с цифровизацией, автоматизацией и биотехнологиями.

Рассмотренные технологии показывают, что органика может быть источником удобрений, биогаза, кормов и биоупаковки, а каскадное использование биомассы повышает эффективность. Однако остаются проблемы: низкая органообеспеченность почв, недостаточное внедрение концентрированных удобрений, слабая инфраструктура. Опыт Германии и проекты Беларуси подтверждают реализуемость таких решений, но требуют системной господдержки: субсидий, льгот, тарифов, квот и расширенной ответственности производителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качанова, Л.С. Вовлечение потенциальных органических отходов в экономику замкнутого цикла как инструмент обеспечения экономической безопасности государства / Л.С. Качанова, А.М. Бондаренко // Экономическая безопасность. – 2022. – Т. 5, № 4. – С. 1517-1530.
2. Щербакова А.С. Развитие циркулярной экономики в сельском хозяйстве // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2021. – №. 4. – С. 405-413.
3. Бейсенова Р.Р. Рецензия на монографию: Курбатова АИ, 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.
4. РЭО: за пять лет мощности по переработке органики вырастут в 4.5 раза [Электронный ресурс]. – Москва, 2025. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/esg/national_projects/news/2025/03/18/1098615-reo-za-pyat-let-moschnosti-po-pererabotke-organiki-virastut-v-45-raza. – Дата доступа: 11.09.2026.
5. Об обращении с отходами [Электронный ресурс]. – Республика Беларусь, 2023. – Режим доступа: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H12300333. – Дата доступа: 11.09.2026.
6. О лицензировании [Электронный ресурс]. – Республика Беларусь, 2022. – Режим доступа: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H12200213. – Дата доступа: 11.09.2026.
7. Система обращения с биоотходами в Германии: эффективные решения для экологии и экономики [Электронный ресурс]. – Германия, 2025. – Режим доступа: https://spaceknowladge.com/index.php/JOISR/article/view/1347. – Дата доступа: 11.09.2026.
8. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18 августа 2025 г. № 444 «О Стратегии по обращению с отходами производства и потребления в Республике Беларусь» [Электронный ресурс]. – Минск, 2025. – Режим доступа: https://priroda-brest.by/wp-content/uploads/2025/09/strategia_othody_444.pdf?ysclid=mtzwri8guh555011228. – Дата доступа: 11.09.2026.
9. Акцент на переработке: белорусские ученые работают над улучшением системы обращения с ТКО [Электронный ресурс]. – Слоним, 2025. – Режим доступа: https://www.sb.by/articles/aktsent-na-pererabotke-i-ekologii-belorusskie-uchyenye-rabotayut-nad-uluchsheniem-sistemy-obrashchen.html. – Дата доступа: 11.09.2026.
10. В Пуховичском районе стартовало строительство регионального полигона по обращению с ТКО [Электронный ресурс]. – Минск, 2026. – Режим доступа: https://www.sb.by/articles/v-pukhovichskom-rayone-startovalo-stroitelstvo-regionalnogo-poligona-po-obrashcheniyu-s-tko.html?ysclid=mtzx3mnj4s470108980. – Дата доступа: 11.09.2026.