

УДК 332.1

DOI: 10.52531/1682-1696-2025-25-2-181-189

Научная статья

EDN: WHEXRD

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ ESG-ТРАНСФОРМАЦИИ АГРАРНОГО СЕКТОРА

Б.А. Шогенов, А.Р. Мирзоева
ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ
ГАУ», г. Нальчик, Российская Федерация

Original article

ENVIRONMENTAL COMPONENT OF ESG TRANSFORMATION OF THE AGRICULTURAL SECTOR

B.A. SHOGENOV, A.R. MIRZOEVA
FSBEI HE "KABARDINO-BALKARIAN STATE
AGRARIAN UNIVERSITY", NALCHIK, RUSSIAN
FEDERATION

Статья углубленно анализирует экологический аспект ESG-трансформации в аграрном секторе, рассматривая его как ключевой фактор достижения устойчивого развития в условиях глобальных климатических изменений. Анализ охватывает влияние сельскохозяйственной деятельности на основные экологические показатели, включая выбросы парниковых газов, использование водных ресурсов, состояние почв и управление отходами. В статье детально рассматриваются методы митигации негативного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду, оценивается эффективность различных подходов, включая внедрение инновационных технологий и изменение производственных практик. Особое внимание уделяется вызовам и барьерам на пути ESG-трансформации в аграрном секторе, а также перспективам разработок и необходимым мерам по стимулированию перехода к устойчивому сельскому хозяйству. Статья нацелена на определение конкретных шагов и рекомендаций для государственных органов, представителей аграрного бизнеса и научного сообщества для эффективной реализации экологического компонента ESG в аграрном секторе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ESG, аграрный сектор, устойчивое развитие, экологическая устойчивость, изменение климата, митигация, адаптация, инновационные технологии

The article provides an in-depth analysis of the environmental aspect of ESG transformation in the agricultural sector, considering it as a key factor in achieving sustainable development in the context of global climate change. The analysis covers the impact of agricultural activities on key environmental indicators, including greenhouse gas emissions, water use, soil condition, and waste management. The article examines in detail methods for mitigating the negative impact of agriculture on the environment, assesses the effectiveness of various approaches, including the introduction of innovative technologies and changes in production practices. Particular attention is paid to the challenges and barriers to ESG transformation in the agricultural sector, as well as development prospects and necessary measures to stimulate the transition to sustainable agriculture. The article aims to identify specific steps and recommendations for government agencies, representatives of agribusiness, and the scientific community for the effective implementation of the environmental component of ESG in the agricultural sector.

KEY WORDS: ESG, agricultural sector, sustainable development, environmental sustainability, climate change, mitigation, adaptation, innovative technologies

Аграрный сектор играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и экономического роста, однако он также является значительным источником антропогенных выбросов парниковых газов, деградации почв и водных ресурсов, утраты биоразнообразия. В контексте глобальных климатических изменений и растущего осознания необходимости устойчивого развития, интеграция экологи-

ческого компонента ESG (Environmental, Social, and Governance) становится необходимым условием для долгосрочной жизнеспособности аграрного сектора.

УСТОЙЧИВОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ И БОРЬБА С ДЕГРАДАЦИЕЙ ПОЧВ

Современные исследования состояния почвенных ресурсов аграрных регионов России свидетельствуют о критических масштабах деградационных процессов, охватывающих до 65% сельскохозяйственных угодий [5]. Интенсификация землепользования без соответствующих компенсационных мероприятий приводит

к снижению содержания органического вещества почвы на 0,5–1,7% в год в основных сельскохозяйственных регионах [13]. Внедрение регенеративных агротехнологий, включающих минимальную и нулевую обработку почвы, позволяет сократить эрозионные потери почвы на 40–87% и увеличить секвестрацию углерода на 0,3–0,7 т/га в год [8]. Мониторинговые исследования демонстрируют эффективность дифференцированного применения удобрений с использованием методов точного земледелия для оптимизации питательного режима почв при одновременном снижении экологической нагрузки. Комплексный подход к устойчивому землепользованию требует интеграции почвозащитных практик в агроландшафтное планирование с учетом природно-климатических особенностей территорий.

Сравнительный анализ практик устойчивого землепользования в России и странах-лидерах приведен в таблице 1.

Анализ данных, представленных в таблице 1, позволяет выявить значительные различия в уровне внедрения практик устойчивого землепользования в России, Европейском Союзе (ЕС), Соединенных Штатах Америки (США) и Австралии, что обусловлено различиями в климатических условиях, экономических факторах, государственной политике и уровне технологического развития.

Вобластиннулевой обработки почвы (No-till) Россия демонстрирует низкий уровень охвата, составляющий около 8% от общей площади сельскохозяйственных угодий. Эта практика применяется преимущественно в южных регионах, таких как Ставропольский край и Ростовская область, однако ее распространение ограничено недостаточным финансированием, отсутствием необходимого оборудования и низким уровнем знаний среди фермеров. В Европейском Союзе удельный вес площадей под нулевой обработкой достигает 25%, что обусловлено активной поддержкой

со стороны Общей сельскохозяйственной политики (САР) и предоставлением субсидий, особенно в странах с интенсивным земледелием, таких как Франция, Испания и Германия. Соединенные Штаты занимают лидирующие позиции с охватом около 40%, что связано с экономическими стимулами, предоставляемыми Министерством сельского хозяйства США (USDA), и широким использованием передовых технологий, особенно в штатах Среднего Запада, таких как Айова и Иллинойс. Австралия является мировым лидером в этой практике, где нулевая обработка применяется на 80% сельскохозяйственных угодий, что объясняется засушливым климатом, способствующим эрозии почв, и государственной поддержкой через Исследовательскую корпорацию зерновых культур (GRDC).

Использование покровных культур в России ограничено минимальным уровнем охвата, составляющим около 5% сельскохозяйственных угодий, что обусловлено коротким вегетационным периодом, недостатком знаний и финансирования, а также ограничением практики экспериментальными участками и крупными агрохолдингами. В Европейском Союзе покровные культуры применяются на 35% сельскохозяйственных угодий, что активно поощряется через САР и так называемые «зеленые» платежи, особенно в странах с мягким климатом, таких как Германия, Франция и Нидерланды. В США удельный вес площадей под покровными культурами составляет около 15%, что поддерживается программами Службы охраны природных ресурсов USDA (NRCS), однако внедрение ограничено экономическими барьерами и климатическими условиями. В Австралии покровные культуры менее распространены, охватывая около 10% сельскохозяйственных угодий, что связано с засушливым климатом, хотя практика применяется в регионах с достаточным увлажнением, таких как Виктория и Новый Южный Уэльс.

Агроресомелиорация в России имеет исторические традиции, связанные с созданием защитных лесополос, однако в последние десятилетия эта практика деградировала, и ее охват составляет лишь около 5% сельскохозяйственных угодий, что обусловлено недостатком инвестиций и ухода за лесополосами, а также медленным процессом восстановления. В Европейском Союзе агроресомелиорация активно развивается в рамках инициативы Green Deal и САР, охватывая около 20% сельскохозяйственных угодий, особенно в странах, страдающих от эрозии почв, таких как Италия, Испания и Португалия. В США удельный вес площадей под агроресомелиорацией также составляет около 5%, что поддерживается через USDA, однако приоритет отдается другим практикам, таким как нулевая обработка почвы. Австралия демонстрирует значительные успехи в этой области, с охватом около 20% сельскохозяйственных угодий, что обусловлено необходимостью борьбы с засухой, эрозией и засоле-

ТАБЛИЦА 1.

Удельный вес площадей под практиками устойчивого землепользования (2021–2023) г., % от общей площади сельскохозяйственных угодий)

Практика	Россия	ЕС	США	Австралия
Нулевая обработка почвы	~8%	~25%	~40%	~80%
Покровные культуры	~5%	~35%	~15%	~10%
Агроресомелиорация	~5%	~20%	~5%	~20%
Севообороты с бобовыми	~20%	~50%	~30%	~30%
Точное земледелие	~10%	~60%	~60%	~40%

Источники: FAO, 2021 г.; USDA Agroforestry, 2023 г.; ABARES, 2023 г., EU Green Deal, 2023 г., World Bank, 2022 г.

нием почв, а также поддержкой со стороны Австралийской организации научных и промышленных исследований (CSIRO).

Севообороты с бобовыми в России используются традиционно, особенно в регионах с развитым земледелием, таких как Черноземье, и охватывают около 20% сельскохозяйственных угодий, однако их распространение ограничено экономическими факторами и предпочтением монокультур, таких как пшеница. В Европейском Союзе севообороты с бобовыми являются обязательными в рамках CAP и поддерживаются субсидиями, что обеспечивает высокий охват, достигающий 50% сельскохозяйственных угодий, особенно в странах с интенсивным земледелием, таких как Франция и Германия. В США эта практика применяется на 30% сельскохозяйственных угодий, особенно в регионах выращивания сои и кукурузы на Среднем Западе, что поддерживается через USDA. В Австралии севообороты с бобовыми также охватывают около 30% сельскохозяйственных угодий, что обусловлено их ролью в фиксации азота в засушливых условиях, особенно в регионах выращивания пшеницы и люцерны.

Внедрение точного земледелия в России ограничено охватом около 10% сельскохозяйственных угодий, что связано с высокими затратами, недостатком инфраструктуры и квалифицированных кадров, а также ограничением практики крупными агрохолдингами. Европейский Союз является лидером в этой области, с охватом около 60% сельскохозяйственных угодий, что обусловлено высокими инвестициями, субсидиями CAP и развитой инфраструктурой, особенно в таких странах, как Нидерланды, Германия и Франция. США также занимают лидирующие позиции, с аналогичным охватом около 60%, благодаря широкому использованию дронов, искусственного интеллекта, спутниковых технологий и поддержке USDA. Австралия активно внедряет точное земледелие, охватывая около 40% сельскохозяйственных угодий, однако этот процесс ограничен масштабом территории и засушливым климатом.

Таким образом, можно сделать вывод о значительных различиях в уровне внедрения практик устойчивого землепользования между Россией, Европейским Союзом (ЕС), Соединенными Штатами Америки (США) и Австралией, что обусловлено комплексом факторов, включая климатические условия, экономические возможности, государственную политику, уровень технологического развития и осведомленность фермеров. Россия демонстрирует наименьший удельный вес площадей под всеми пятью рассмотренными практиками, что связано с недостаточным финансированием, слабой государственной поддержкой, ограниченным доступом к технологиям и инфраструктуре, а также низким уровнем знаний и вовлеченности фермеров. Для повышения уровня устойчивого землепользования в России необходимо усиление госу-

дарственной поддержки, развитие образовательных программ, увеличение инвестиций в технологии и инфраструктуру, а также совершенствование законодательной базы, что позволит сократить разрыв с мировыми лидерами в этой области.

Комплексная оценка экономической эффективности регенеративного земледелия на примере пилотных проектов в Центральном-Черноземном регионе демонстрирует возможность сокращения производственных затрат на 12–18% при одновременном поддержании или увеличении урожайности на 3–7% в трехлетней перспективе [8]. Долгосрочные эффекты включают повышение устойчивости агроэкосистем к климатическим изменениям и снижение зависимости от внешних ресурсов, что критически важно в условиях растущей волатильности на рынках средств производства.

СНИЖЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА В СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВЕ

Выброс парниковых газов в аграрном секторе России составляет 5,7–6,2% от общих национальных выбросов, что соответствует 126,7 млн т CO₂-эквивалента в год [12]. Структурный анализ источников выброса в АПК (рис. 1) выявляет доминирование метанообразования при кишечной ферментации жвачных животных (38%), использования ископаемого топлива сельскохозяйственной техникой (27%) и применения азотных удобрений (19%) [1].

Углеродный след различных видов сельскохозяйственной продукции в России представлен в таблице 2. Данные таблицы демонстрируют, что рос-



Рис. 1.

Структура выбросов парниковых газов в АПК России. Составлено по данным Росгидромет, Минсельхоз РФ, 2022)

сийское сельскохозяйственное производство имеет сопоставимые с мировыми средние показатели углеродного следа, однако характеризуется значительной вариативностью в зависимости от технологического уровня и региональных особенностей.

Наибольший углеродный след отмечается при производстве продукции животноводства, особенно говядины, что обусловлено эмиссией метана при пищеварении жвачных животных. Значительный потенциал снижения углеродного следа наблюдается в производстве овощей защищенного грунта (35–50%), что связано с возможностями оптимизации энергопотребления теплиц.

Инновационные подходы к декарбонизации агропроизводства включают оптимизацию рационов сельскохозяйственных животных с применением кормовых добавок, снижающих метаногенез на 18–32% [2], внедрение энергоэффективных технологий, позволяющих сократить потребление ископаемого топлива на 25–40% [6], и переход на органоминеральные удобрения пролонгированного действия, снижающие эмиссию закиси азота на 30–45% [9].

Сравнительный анализ международных практик декарбонизации агропроизводства выявляет наиболее перспективные направления для российского АПК. Опыт скандинавских стран по созданию «углеродно-нейтральных» ферм демонстрирует эффективность интегрированного подхода, сочетающего технологические инновации с управленческими решениями [7]. Примечательна голландская модель «циркулярного животноводства», позволяющая снизить углеродный след молочной продукции на 35–42% за счет оптимизации потоков питательных веществ и энергии внутри производственной системы [3]. Для российских условий особенно полезным может стать канадский опыт интеграции низкоуглеродных технологий с механизмами углеродного финансирования, позволяющий монетизировать экологические эффекты.

Следует привести успешный опыт декарбонизации молочного производства в ООО СХП «Молоко Черноземья», который в 2021–2023 гг. реализовал программу, включающую:

- внедрение системы мониторинга индивидуальных показателей метанообразования у дойного стада с использованием IoT-сенсоров;
- оптимизацию рационов с применением специализированных кормовых добавок, снижающих метаногенез;
- установку биогазовой станции для переработки навоза с генерацией электроэнергии;
- переход на технологии точного земледелия при выращивании кормовых культур;
- модернизацию систем микроклимата в животноводческих помещениях.

В результате ООО СХП «Молоко Черноземья» добилось сокращения углеродного следа молочной продукции на 27% (с 1,3 до 0,95 кг CO₂-экв./кг молока), снижение энергетических затрат на 35% за счет собственной генерации и энергоэффективных технологий, повышение продуктивности дойного стада на 8% благодаря улучшению условий содержания. Кроме того организация получила международный сертификат «Carbon Trust Standard» и вышла на премиальные экспортные рынки с наценкой 12–15%.

ВОДОСБЕРЕЖЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ АГРОПРОИЗВОДСТВА

Водоемкость российского агропроизводства превышает среднемировые показатели на 15–30%, что актуализирует необходимость внедрения водосберегающих технологий [4]. Мультивариантное моделирование воздействия климатических изменений на водообеспеченность аграрных регионов России прогнозирует усиление водного стресса в южных регионах на 25–40% к 2050 г. [15]. Внедрение капельного орошения в сочетании с цифровыми системами

ТАБЛИЦА 2.

Углеродный след различных видов сельскохозяйственной продукции в России

Вид продукции	Углеродный след в России (кг CO ₂ -экв./кг продукции)	Средний показатель по миру (кг CO ₂ -экв./кг продукции)	Потенциал снижения выбросов (%)
Говядина	24,3–28,7	25,6	18–25
Свинина	4,6–6,1	5,8	15–22
Мясо птицы	2,3–3,8	3,2	12–20
Молоко	0,9–1,4	1,2	20–30
Зерновые	0,4–0,7	0,5	25–35
Масличные	0,8–1,2	1,0	15–25
Овощи открытого грунта	0,1–0,3	0,2	30–45
Овощи защищенного грунта	2,5–5,7	3,8	35–50

Источник: составлено по данным [6, 16]

мониторинга влажности почвы позволяет сократить водопотребление на 35–60% при одновременном повышении урожайности на 15–25% [17]. Аграрный сектор России ежегодно генерирует около 450 млн т органических отходов, утилизация которых осуществляется преимущественно экстенсивными методами [10]. Биоконверсия агроотходов посредством анаэробного сбраживания с получением биогаза и высококачественных органических удобрений представляет экономически эффективный метод утилизации с положительным экологическим эффектом. Замкнутый цикл управления отходами в агропромышленном комплексе требует системной интеграции различных технологий переработки с учетом их территориальной дифференциации.

Анализ данных, представленных в таблице 3, позволяет выявить ключевые особенности и различия между технологиями водосбережения в сельском хозяйстве с точки зрения их экономической эффективности, влияния на водные ресурсы и урожайность, а также применимости в условиях России. Рассмотрим основные аспекты каждой технологии, их преимущества, ограничения и перспективы внедрения.

Капельное орошение характеризуется высокими капитальными затратами, составляющими 120–250 тыс. руб./га, и эксплуатационными затратами

в диапазоне 15–25 тыс. руб./га в год. Эта технология обеспечивает значительную экономию воды (35–60%) и способствует увеличению урожайности на 15–25%, что делает ее одной из наиболее эффективных с точки зрения водосбережения и продуктивности. Срок окупаемости варьируется от 3 до 5 лет, что является умеренным показателем, учитывая долгосрочные выгоды. Применимость капельного орошения в условиях России оценивается как высокая для овощеводства и садоводства, где точечное распределение воды особенно важно, однако для полевых культур, таких как зерновые, применимость средняя из-за высоких затрат и ограниченного экономического эффекта в условиях низкой маржинальности.

Микродождевание имеет более низкие капитальные затраты (90–180 тыс. руб./га) и эксплуатационные издержки (12–20 тыс. руб./га в год) по сравнению с капельным орошением, что делает его более доступным для внедрения. Экономия воды при использовании этой технологии составляет 20–35%, а влияние на урожайность варьируется от +10 до +20%. Срок окупаемости составляет 3–4 года, что сопоставимо с капельным орошением, но требует меньших первоначальных вложений.

Применимость микродождевания в условиях России оценивается как высокая для большинства культур, особенно в южных регионах, где дефицит воды

ТАБЛИЦА 3.

Сравнительный анализ технологий водосбережения в сельском хозяйстве*

Технология	Капитальные затраты (тыс. руб./га)	Эксплуатационные затраты (тыс. руб./га в год)	Экономия воды (%)	Влияние на урожайность (%)	Срок окупаемости (лет)	Применимость в условиях России
Капельное орошение	120–250	15–25	35–60	+15 до +25	3–5	Высокая для овощеводства и садоводства, средняя для полевых культур
Микродождевание	90–180	12–20	20–35	+10 до +20	3–4	Высокая для большинства культур в южных регионах
Подпочвенное орошение	150–280	10–18	40–65	+15 до +25	4–6	Средняя, требует высокой культуры земледелия
Дефицитное орошение	5–10 (дополнительно к существующим системам)	5–8	15–25	-5 до +5	1–2	Высокая для регионов с ограниченными водными ресурсами
Цифровые системы управления поливом	25–45 (дополнительно к существующим системам)	8–12	15–30	+5 до +15	2–3	Высокая для крупных и средних хозяйств
Технологии сбора и хранения дождевой воды	50–120	5–12	10–20	+5 до +10	3–5	Средняя, зависит от климатических условий
Мульчирование	15–40	5–10	10–25	+5 до +15	1–3	Высокая для большинства регионов и культур

Источник: составлено по данным [17, 18]

является значимой проблемой, что делает эту технологию привлекательной для широкого круга хозяйств.

Подпочвенное орошение отличается самыми высокими капитальными затратами (150–280 тыс. руб./га), но имеет относительно низкие эксплуатационные издержки (10–18 тыс. руб./га в год). Эта технология обеспечивает максимальную экономию воды (40–65%) среди рассмотренных вариантов и способствует увеличению урожайности на 15–25%, что делает ее перспективной для регионов с острым дефицитом водных ресурсов. Однако срок окупаемости подпочвенного орошения составляет 4–6 лет, что является наибольшим среди всех технологий, что может ограничивать его внедрение. Применимость в условиях России оценивается как средняя, так как использование подпочвенного орошения требует высокой культуры земледелия, включая точное проектирование систем, регулярное обслуживание и квалифицированный персонал, что может быть затруднительно для большинства хозяйств.

Дефицитное орошение представляет собой наиболее экономичный вариант с точки зрения капитальных затрат (5–10 тыс. руб./га дополнительно к существующим системам) и эксплуатационных издержек (5–8 тыс. руб./га в год). Экономия воды при использовании этой технологии составляет 15–25%, однако влияние на урожайность может быть как положительным (+5%), так и отрицательным (-5%), что зависит от степени дефицита воды и типа культур. Срок окупаемости дефицитного орошения является самым коротким (1–2 года), что делает его привлекательным для быстрого внедрения. Применимость в условиях России оценивается как высокая, особенно для регионов с ограниченными водными ресурсами, где требуется минимизация затрат при сохранении приемлемого уровня продуктивности.

Цифровые системы управления поливом требуют дополнительных капитальных затрат в размере 25–45 тыс. руб./га к существующим системам орошения и эксплуатационных издержек в диапазоне 8–12 тыс. руб./га в год. Эта технология обеспечивает экономию воды на уровне 15–30% и способствует увеличению урожайности на 5–15%, что достигается за счет точного контроля водоподдачи. Срок окупаемости составляет 2–3 года, что является относительно коротким периодом, учитывая долгосрочные выгоды. Применимость цифровых систем в условиях России оценивается как высокая для крупных и средних хозяйств, обладающих достаточными финансовыми ресурсами и технической базой для внедрения и обслуживания таких систем.

Технологии сбора и хранения дождевой воды характеризуются умеренными капитальными затратами (50–120 тыс. руб./га) и низкими эксплуатационными издержками (5–12 тыс. руб./га в год). Экономия воды при использовании этой технологии составляет

10–20%, а влияние на урожайность варьируется от +5 до +10%. Срок окупаемости составляет 3–5 лет, что является средним показателем. Применимость в условиях России оценивается как средняя, так как эффективность технологии зависит от климатических условий, в частности от количества осадков, что ограничивает ее использование в засушливых регионах, но делает перспективной в зонах с достаточным уровнем осадков.

Мульчирование является наиболее доступной технологией с точки зрения капитальных затрат (15–40 тыс. руб./га) и эксплуатационных издержек (5–10 тыс. руб./га в год). Экономия воды при использовании мульчирования составляет 10–25%, а влияние на урожайность варьируется от +5 до +15%. Срок окупаемости мульчирования является одним из самых коротких (1–3 года), что делает эту технологию привлекательной для широкого круга хозяйств. Применимость в условиях России оценивается как высокая для большинства регионов и культур, так как мульчирование не требует сложных технических решений и может быть легко интегрировано в существующие агротехнические практики.

Общий анализ показывает, что выбор технологии водосбережения в сельском хозяйстве России должен основываться на балансе между экономическими затратами, эффективностью водосбережения, влиянием на урожайность и региональными особенностями. Технологии с высокими капитальными затратами, такие как капельное и подпочвенное орошение, наиболее эффективны с точки зрения экономии воды и повышения урожайности, но требуют значительных инвестиций и высокой культуры земледелия, что ограничивает их применимость в условиях ограниченных ресурсов. Технологии с низкими затратами, такие как дефицитное орошение и мульчирование, обладают коротким сроком окупаемости и высокой применимостью, что делает их предпочтительными для мелких и средних хозяйств, особенно в регионах с дефицитом воды. Цифровые системы управления поливом и технологии сбора дождевой воды представляют собой промежуточные варианты, подходящие для хозяйств с достаточным уровнем финансирования и специфическими климатическими условиями. Таким образом, для повышения эффективности водопользования в сельском хозяйстве России необходимо сочетание государственной поддержки, образовательных программ для фермеров и дифференцированного подхода к выбору технологий в зависимости от региональных и экономических факторов.

Комплексное управление органическими отходами агропромышленного комплекса на основе циркулярного подхода позволяет не только минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, но и создать дополнительные источники дохода. Экономический анализ проектов биоконверсии сельско-

хозяйственных отходов демонстрирует возможность получения прибыли от реализации побочных продуктов (биогаз, органические удобрения, технический грибной мицелий) в размере 8–15% от основного дохода агропредприятия [11].

Нами составлена схема циркулярной модели управления отходами в агропромышленном комплексе (рис. 2).

Схема, представленная на рисунке 2, демонстрирует замкнутый цикл потоков материалов и энергии, включающий растениеводство и животноводство как основные источники органических отходов. Растениеводство производит отходы в виде остатков растений (солома, ботва, шелуха, стебли, корни, листья), а также некондиционную продукцию (например, поврежденные плоды или овощи), а животноводство генерирует отходы в виде навоза, подстилки из соломы или опилок, остатков кормов, отходов убоя (перья, шерсть, кости), а также сточные воды, содержащие органические вещества.

Все эти отходы направляются в системы сбора и сортировки, представляющие собой инфраструктуру, включающую специализированные контейнеры, транспортные средства, сортировочные линии. Здесь отходы разделяются на категории, пригодные для дальнейшей переработки. Например, органические отходы с высоким содержанием влаги, такие как навоз и сочные растительные остатки, отделяются для использования в биогазовых установках, сухие растительные отходы, такие как солома, направляются на компостирование, а отходы с высоким содержанием углеводов, например, остатки кукурузы, картофеля, свеклы,

сортируются для производства биопластиков. После этого часть отходов поступает в биогазовые установки, где они подвергаются анаэробному сбраживанию под воздействием микроорганизмов, в результате чего образуется биогаз, состоящий, преимущественно, из метана (50–70%) и углекислого газа (30–40%), а также небольших примесей других газов. При этом остатки после сбраживания, называемые дигестатом, представляют собой богатую питательными веществами массу, которая направляется на компостирование или используется непосредственно для возврата питательных веществ в почву в качестве жидкого или твердого удобрения. В это же время произведенный биогаз очищается от примесей, таких как сероводород, и направляется на генерацию энергии. При этом полученная энергия может быть использована для нужд АПК, например, для обогрева теплиц, работы насосов, освещения ферм, сушки зерна, или поставляется во внешнюю энергосистему, что снижает зависимость АПК от ископаемых источников энергии.

Другая часть отходов подвергается компостированию, при котором получается органическое удобрение, богатое гумусом, азотом, фосфором, калием, микроэлементами. При этом компост направляется обратно в растениеводство для улучшения структуры почвы, повышения ее плодородия, удержания влаги, что способствует увеличению урожайности и снижению потребности в минеральных удобрениях.

Еще одна часть отходов, богатых углеводами или другими органическими соединениями, такими как крахмал, целлюлоза, лигнин, направляется на производство биопластиков, где из растительных остатков,

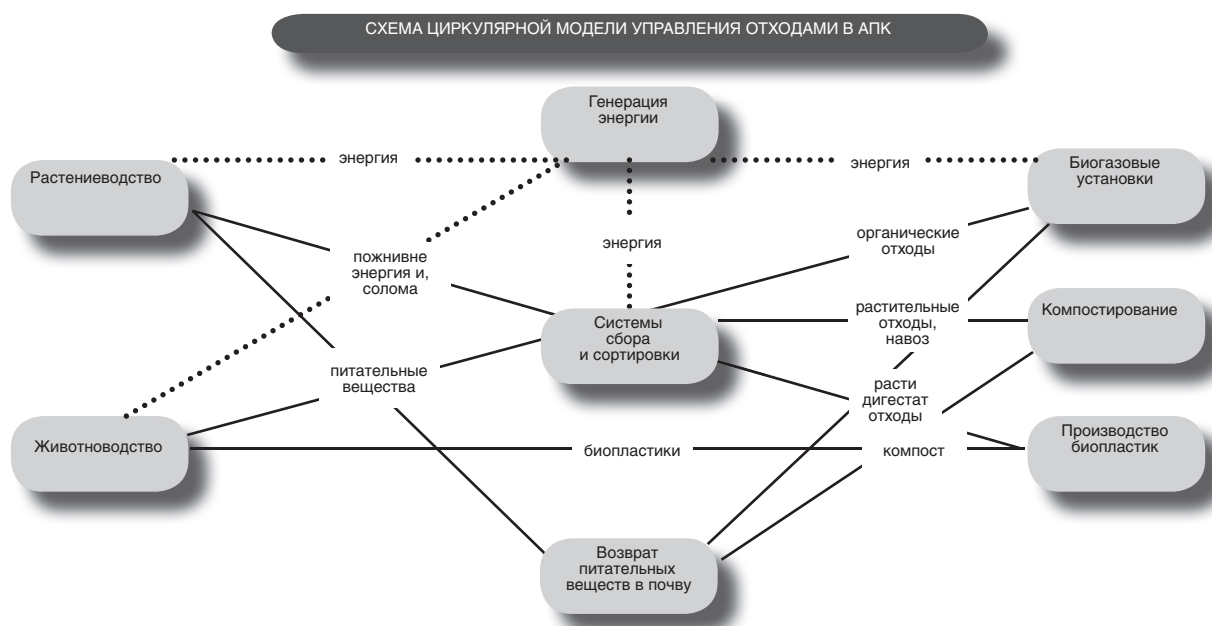


РИС. 2.

Схема циркулярной модели управления отходами в АПК

например, кукурузных початков, картофельных очистков, сахарного тростника, путем ферментации или химической обработки получают полимеры, такие как полилактид (PLA), которые затем используются для создания экологически безопасных материалов (биоразлагаемая упаковка, пленка для мульчирования, одноразовая посуда). Произведенные биопластики могут использоваться непосредственно в АПК, например, для упаковки сельскохозяйственной продукции, мульчирования почвы, что снижает эрозию и подавляет рост сорняков, или поставляться на внешние рынки, обеспечивая дополнительный доход.

При этом питательные вещества, такие как азот, фосфор, калий, микроэлементы, возвращаются в почву в виде компоста, дигестата или других органических удобрений, что замыкает цикл, поддерживая устойчивое производство сельскохозяйственной продукции.

Представленная схема имеет циклическую структуру с центральным элементом в виде систем сбора и сортировки, от которого расходятся потоки к перерабатывающим компонентам, таким как биогазовые установки, компостирование, производство биопластиков, а обратные связи, такие как возврат компоста, дигестата, энергии в растениеводство и животноводство, подчеркивают циркулярность модели, иллюстрируя устойчивое управление отходами, минимизирующее потери ресурсов, снижающее воздействие на окружающую среду за счет сокращения выбросов парниковых газов, предотвращения загрязнения почвы и воды, а также обеспечивающее экономическую выгоду за счет производства энергии, удобрений, биопластиков, что делает АПК более самодостаточным и экологически безопасным.

Таким образом, экологический компонент ESG-трансформации в аграрном секторе России охватывает широкий спектр взаимосвязанных направлений: от устойчивого землепользования и снижения углеродного следа до водосбережения. Анализ текущего состояния свидетельствует о наличии критических экологических проблем в агросекторе, включая деградацию почв и высокую ресурсоемкость производства. Одновременно выявлен значительный потенциал для улучшения экологических показателей через внедрение инновационных технологий и управленческих подходов. Международный опыт демонстрирует множество моделей экологической трансформации агропроизводства, адаптация которых к российским условиям позволит не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и создать новые источники конкурентных преимуществ для отечественных производителей. Ключевым фактором успешной экологической трансформации является, на наш взгляд, интеграция экологических целей в бизнес-стратегии агропредприятий и формирование экономических механизмов капитализации экологических эффектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. АЛЕКСЕЕВ В.В., МИРЗОЕВ Э.М., КОЗЛОВ И.В. Источники эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России и пути их снижения // Вестник аграрной науки. 2023. № 2. С. 103–112.
2. БОГОВИЗ А.В., ШАГАЙДА Н.И., УЗУН В.Я. Пространственная дифференциация ESG-практик в аграрной сфере России // Экономика региона. 2023. № 2. С. 382–397.
3. ВАН ДЕР ПЛАС Й. Циркулярное животноводство: голландская модель // Journal of Sustainable Agriculture. 2023. Т. 47. С. 213–228.
4. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН В.И., РОЗЕНТАЛЬ О.М. Водосбережение в агропромышленном комплексе: проблемы и решения // Водные ресурсы. 2022. № 4. С. 398–410.
5. ДОВРОВОЛЬСКИЙ Г.В., КУСТ Г.С. Деградация почв сельскохозяйственных угодий России: масштабы, причины, пути решения // Почвоведение. 2023. № 7. С. 815–829.
6. ИЗМАЙЛОВ А.Ю., ЛОБАЧЕВСКИЙ Я.П. Энергоэффективные технологии в сельском хозяйстве: экономический и экологический аспекты // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. № 2. С. 12–21.
7. ЙЕНСЕН П., ЛАРСЕН К. Углеродно-нейтральные фермы: опыт Скандинавии // Nordic Journal of Agricultural Sciences. 2023. Т. 15. С. 78–93.
8. КИРЮШИН В.И. Регенеративное земледелие: научные основы и перспективы // Земледелие. 2023. № 3. С. 3–9.
9. МИЛАЩЕНКО Н.З., ЗАВАЛИН А.А. Пролонгированные формы удобрений как инструмент снижения эмиссии парниковых газов // Агрохимия. 2024. № 1. С. 3–12.
10. МИРЗОЕВ Э.М., КОЗЛОВ И.В. Управление органическими отходами в АПК: современное состояние и перспективы // Вестник аграрной науки. 2022. № 5. С. 133–142.
11. ПАНЦХАВА Е.С., ПОЖАРНОВ В.А. Биоконверсия органических отходов агропромышленного комплекса // Альтернативная энергетика и экология. 2023. № 3. С. 67–78.
12. РОМАНОВСКАЯ А.А., ГАВРИЛОВА О.И., ФЕДОРОВ Ю.Н. Эмиссия парниковых газов в аграрном секторе России: источники и тенденции // Проблемы прогнозирования. 2022. № 4. С. 138–149.
13. САВИН И.Ю., СТОЛБОВОЙ В.С. Деградация органического вещества почв сельскохозяйственных угодий России // Почвоведение. 2022. № 8. С. 971–983.
14. ФИСИНИН В.И., ЕГОРОВ И.А. Оптимизация рационов сельскохозяйственных животных для снижения эмиссии метана // Зоотехния. 2022. № 9. С. 2–8.
15. ХАУСТОВ А.П., РЕДИНА М.М. Моделирование

воздействия климатических изменений на водообеспеченность аграрных регионов России // Водное хозяйство России. 2024. № 1. С. 6–18.

16. ШЕВЧЕНКО В.А., КИСЕЛЕВ В.Д. Углеродный след сельскохозяйственной продукции России: методология оценки и пути снижения // Земледелие. 2023. № 1. С. 8–14.
17. ЩЕДРИН В.Н., ВАСИЛЬЕВ С.М. Эффективность использования водных ресурсов в сельском хозяйстве: технологические и экономические аспекты // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 3. С. 6–15.
18. ЯКОВЛЕВ А.С., КИРЕЙЧЕВА Л.В. Технологии водосбережения в сельском хозяйстве: сравнительный анализ эффективности // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 5. С. 12–24.

REFERENCES

1. ALEKSEEV V.V., MIRZOEV E.M., KOZLOV I.V. Sources of greenhouse gas emissions in Russian agriculture and ways to reduce them. *Vestnik agrarnoy nauki*. 2023;2:103–112. (In Russian).
2. BOGOVIZ A.V., SHAGAIDA N.I., UZUN V.YA. Spatial differentiation of ESG practices in the agricultural sector of Russia. *Ekonomika regiona*. 2023;2:382–397. (In Russian).
3. VAN DER PLAS J. Circular livestock farming: the Dutch model. *Journal of Sustainable Agriculture*. 2023;47: 213–228. (In Russian).
4. DANILOV-DANILYAN V.I., ROSENTHAL O.M. Water conservation in the agro-industrial complex: problems and solutions. *Vodnyye resursy*. 2022;4:398–410. (In Russian).
5. DOBROVOLSKY G.V., KUST G.S. Soil degradation of agricultural lands in Russia: scale, causes, solutions. *Pochvovedeniye*. 2023;7:815–829. (In Russian).
6. IZMAILOV A.YU., LOBACHEVSKY YA.P. Energy-efficient technologies in agriculture: economic and environmental aspects. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2023;2:12–21. (In Russian).
7. JENSEN P., LARSEN K. Carbon-neutral farms: the Scandinavian experience. *Nordic Journal of Agricultural Sciences*. 2023;15:78–93. (In Russian).
8. KIRYUSHIN V.I. Regenerative agriculture: scientific foundations and prospects. *Zemledeliye*. 2023;3:3–9. (In Russian).
9. MILASHCHENKO N.Z., ZAVALIN A.A. Prolonged forms of fertilizers as a tool for reducing greenhouse gas emissions. *Agrochemiy*. 2024;1:3–12. (In Russian).
10. MIRZOEV E.M., KOZLOV I.V. Organic waste management in the agro-industrial complex: current state and prospects. *Vestnik agrarnoy nauki*. 2022;5:133–142. (In Russian).
11. PANTSKHAYA E.S., POZHARNOV V.A. Bioconversion of organic waste of the agro-industrial complex. *Alternativnaya energetika i ekologiya*. 2023;3:67–78. (In Russian).
12. ROMANOVSKAYA A.A., GAVRILOVA O.I., FEDOROV YU.N. Greenhouse gas emissions in the agricultural sector of Russia: sources and trends. *Problemy prognozirovaniya*. 2022;4:138–149. (In Russian).
13. SAVIN I.YU., STOLBOVOY V.S. Degradation of organic matter in agricultural soils of Russia. *Pochvovedeniye*. 2022;8:971–983. (In Russian).
14. FISININ V. I., EGOROV I. A. Optimization of farm animal diets to reduce methane emissions. *Zootekhnij*. 2022;9:2–8. (In Russian).
15. KHAUSTOV A.P., REDINA M.M. Modeling the impact of climate change on water availability in agricultural regions of Russia. *Vodnoye khozyaystvo Rossii*. 2024;1:6–18. (In Russian).
16. SHEVCHENKO V.A., KISELEV V.D. Carbon footprint of agricultural products in Russia: assessment methodology and reduction paths. *Zemledeliye*. 2023;1:8–14. (In Russian).
17. SHCHEDRIN V.N., VASILIEV S.M. Efficiency of water resources use in agriculture: technological and economic aspects. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*. 2023;3:6–15. (In Russian).
18. YAKOVLEV A.S., KIREYCHEVA L.V. Water saving technologies in agriculture: comparative analysis of efficiency. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*. 2023;5:12–24. (In Russian).

Шогенов Бетал Аминович,
д.э.н., профессор кафедры экономики ФГБОУ ВО
«Кабардино-Балкарский ГАУ»

✉ e-mail: betal01@mail.ru

Мирзоева Анжелика Ринатовна,
к.э.н., доцент кафедры экономики ФГБОУ ВО «Кабардино-
Балкарский ГАУ»

✉ 360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик,
пр. Ленина, 1в,
360030, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik,
Lenin Ave., 1v
e-mail: angelika_h1975@mail.ru