ВСЕРОССИЙСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ КОНКУРС ПО ПРОБЛЕМАМ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

«ЮНЭКО»

Направление: Экономика

Тема: Разработка интегрального индикатора экологической безопасности для с/х предприятий России в условиях возрастающей антропогенной нагрузки

Соискатель: Андрейцева Юлия Алексеевна, Данилина Диана Вадимовна

Научный руководитель: Трясцина Нина Юрьевна

Место выполнения работы: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

2026

Аннотация

Сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей российской экономики, обеспечивающей продовольственную безопасность страны и занятость значительной части населения. Однако его деятельность сопровождается масштабным воздействием на окружающую среду: загрязнением почв и водных объектов агрохимикатами и пестицидами, эрозией и деградацией земель, выбросами парниковых газов (метан от животноводства, оксиды азота от применения удобрений), сокращением биоразнообразия, накоплением отходов животноводства и растениеводства. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки и ужесточения экологического законодательства возникает потребность в эффективных инструментах оценки и мониторинга экологической безопасности с/х организаций.

В работе проведен комплексный анализ внешних и внутренних экологических рисков сельскохозяйственной отрасли с использованием PEST- и SWOT-анализа; систематизированы ключевые угрозы экологической безопасности; сформирована система частных показателей и информационная база исследования; разработана авторская методика построения интегрального индикатора экологической безопасности; проведены апробация и верификация индикатора на данных с/х организаций; разработаны практические рекомендации по укреплению экологической безопасности.

В отличие от традиционных методик, где экологическая безопасность сводится к экономическим компонентам (финансовому, рыночному, производственному, кадровому и другим), в работе предложена пятикомпонентная структура, отражающая воздействие на конкретные объекты окружающей среды:

- атмосферный компонент (выбросы метана, аммиака, оксидов азота);
- водный компонент (сбросы, смыв удобрений и пестицидов);
- отходный (почвенно-ресурсный) компонент (навоз, помет, растительные остатки, рекультивация земель);
- энерго-углеродный компонент (энергоемкость, углеродоемкость, ВИЭ и биогаз);
- эколого-управленческий компонент (НДТ, экологические платежи, ISO 14001).

Такая структура соответствует природоохранному законодательству, формам государственной экологической отчетности (2-ТП воздух, 2-ТП водхоз, 2-ТП отходы) и логике наилучших доступных технологий (НДТ).

На основе корреляционно-регрессионного анализа данных 15 с/х организаций за 2019-2025 гг. (105 наблюдений) статистически обоснованы весовые коэффициенты компонентов и частных показателей. Выбор периода обусловлен необходимостью охвата различных фаз макроэкономической конъюнктуры: докризисной стабильности (2019), пандемии (2020-2021), структурной турбулентности (2022-2023) и начала активной фазы перехода на НДТ и ужесточения экологического регулирования (2024-2025). Разработана и верифицирована система интерпретации значений интегрального индикатора, включающая три уровня экологической безопасности: критический, приемлемый и высокий. Валидация модели на данных 20 с/х организаций показала ее высокую прогностическую точность – 90,5%.

Разработанный интегральный индикатор может быть использован с/х организациями для мониторинга экологических рисков и принятия своевременных управленческих решений, а государственными органами – для отраслевой экологической диагностики и разработки мер поддержки. Методика также может быть адаптирована для других отраслей агропромышленного комплекса.

Содержание

Введение 4
1. Теоретико-методологические основы исследования экологической безопасности с/х организаций 6
1.1 Концептуальные основы и структурно-функциональная организация экологической безопасности хозяйствующего субъекта 6
1.2 Критический анализ существующих подходов к оценке экологической устойчивости и экологической безопасности 7
1.3 Методологический инструментарий исследования 8
2. Комплексная диагностика экологических рисков в сельскохозяйственной отрасли 10
2.1 PEST-анализ макросреды функционирования сельскохозяйственного комплекса 10
2.2. SWOT-анализ конкурентных позиций и внутренних возможностей с/х организаций 12
2.3. Систематизация ключевых угроз экологической безопасности 14
3. Разработка и апробация методики интегральной оценки экологической безопасности с/х организаций 17
3.1 Формирование системы частных показателей и информационной базы исследования 17
3.2 Алгоритм расчета интегрального показателя экологической безопасности 20
Заключение 24
Библиографический список 26
Приложения 28

Введение

Сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей российской экономики, обеспечивающей продовольственную безопасность страны и занятость значительной части населения. Однако его деятельность сопровождается масштабным воздействием на окружающую среду: загрязнением почв и водных объектов агрохимикатами и пестицидами, эрозией и деградацией земель, выбросами парниковых газов (метан от животноводства, оксиды азота от применения удобрений), сокращением биоразнообразия, накоплением отходов животноводства и растениеводства. Проблема заключается в том, что в настоящее время отсутствует единая отраслевая методика комплексной оценки экологической безопасности с/х организаций, позволяющая не только фиксировать текущее воздействие на окружающую среду, но и своевременно выявлять экологические риски, прогнозировать их развитие и принимать обоснованные управленческие решения. Существующие подходы либо ориентированы на экономические показатели, либо носят фрагментный характер и не учитывают специфику воздействия сельхозпроизводства на конкретные компоненты окружающей среды – атмосферу, воду, почву, климат.

Актуальность исследования обусловлена рядом факторов:

- возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду в сельскохозяйственных регионах, накоплением ущерба от интенсивного земледелия и животноводства, эрозией и деградацией почв, загрязнением водных объектов агрохимикатами и пестицидами, что требует оценки и снижения негативного воздействия.

- ужесточением экологического законодательства Российской Федерации, переходом на наилучшие доступные технологии (НДТ) в агропромышленном комплексе, введением обязательной экологической отчетности и усилением ответственности бизнеса за нарушение природоохранных норм, что делает необходимым наличие у с/х организаций инструментов оперативного экологического мониторинга.

- санкционным давлением и структурной перестройкой экономики, которые ограничивают доступ к импортным экологичным технологиям и требуют поиска внутренних резервов повышения экологической эффективности сельхозпроизводства, включая утилизацию отходов животноводства, снижение энергоемкости и переход на замкнутые циклы.

- отсутствием единых методических подходов к оценке экологической безопасности на уровне хозяйствующих субъектов, что затрудняет как внутрихозяйственный мониторинг, так и государственное регулирование, а также не позволяет объективно сравнивать с/х организации по уровню их экологической ответственности.

- стратегической значимостью отрасли для обеспечения не только продовольственной, но и экологической безопасности страны, что закреплено в Доктрине продовольственной безопасности РФ, Экологической доктрине РФ и Стратегии экологической безопасности. Сельское хозяйство одновременно является и объектом воздействия (климатические риски, деградация земель), и источником воздействия (выбросы метана, смыв удобрений, отходы животноводства), что делает задачу оценки его экологической безопасности особенно сложной и многоаспектной [1].

- растущим интересом общества и бизнеса к экологизации сельхозпроизводства, что подтверждается ростом популярности экологических продуктов, запросом на перерабатываемую упаковку и этичное животноводство, а также вниманием регуляторов и СМИ к вопросам устойчивого развития АПК.

Практическая значимость исследования состоит в том, что разработанный интегральный индикатор экологической безопасности может быть использован:

- с/х организациями – для мониторинга экологических рисков, оценки эффективности природоохранных мероприятий и принятия своевременных управленческих решений;

- государственными органами – для отраслевой экологической диагностики, выявления с/х организаций с критическим уровнем воздействия и разработки адресных мер поддержки;

- научными и образовательными организациями – как методическая основа для дальнейших исследований в области экологической безопасности и устойчивости АПК;

- инвесторами и финансовыми институтами – для оценки экологических рисков для принятия инвестиционных решений;

- органами местного самоуправления сельских территорий – для планирования природоохранных мероприятий и мониторинга состояния окружающей среды.

Предложенная пятикомпонентная структура (атмосферный, водный, отходный, энерго-углеродный и эколого-управленческий компоненты) соответствует природоохранному законодательству, формам государственной экологической отчетности (2-ТП воздух, 2-ТП водхоз, 2-ТП отходы) и логике НДТ, что обеспечивает ее практическую применимость и сопоставимость данных.

Объектом исследования являются с/х организации России.

Предметом исследования выступает совокупность эколого-экономических отношений, процессов и методов, связанных с оценкой и управлением рисками экологической безопасности в сельскохозяйственной отрасли.

Целью данной работы является разработка и апробация интегрального индикатора для оценки уровня экологической безопасности с/х организаций России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести комплексный анализ внешних и внутренних экологических рисков сельскохозяйственной отрасли с использованием PEST- и SWOT-анализа;
2. Оценить экологическое состояние и уязвимости выбранных с/х организаций на основе анализа публичной отчетности за 2019-2025 гг.;
3. Разработать методику построения интегрального индикатора экологической безопасности, а также определить его компоненты и весовые коэффициенты с применением корреляционно-регрессионного анализа;
4. Апробировать разработанный индикатор на данных конкретных с/х организаций, а затем провести его верификацию;
5. На основе результатов оценки разработать практические рекомендации по укреплению экологической безопасности.

Теоретическую и методологическую основу работы составили фундаментальные концепции экологической безопасности и риск-менеджмента. В процессе исследования применялись следующие методы: анализ, синтез, сравнение, обобщение, структурно-функциональный анализ, классификация, PEST-анализ (для диагностики макросреды), SWOT-анализ (для оценки внутренних и внешних факторов), экологический анализ (для оценки воздействия на окружающую среду), корреляционно-регрессионный анализ (для обоснования весовых коэффициентов), нормативный метод (для установления пороговых значений), метод линейного масштабирования (для нормативных показателей), графические и табличные методы.

Научная новизна работы состоит в предложении методики построения интегрального индикатора экологической безопасности, адаптированной к специфике сельскохозяйственной отрасли, а также в статистической обоснованности набора весовых коэффициентов для компонентов индикатора, отражающих значимость в условиях возрастающей антропогенной нагрузки.

1. Теоретико-методологические основы исследования экологической безопасности с/х организаций

1.1 Концептуальные основы и структурно-функциональная организация экологической безопасности хозяйствующего субъекта

Экологическая безопасность предприятия – это состояние защищенности окружающей среды и жизненно важных экологических интересов хозяйствующего субъекта от внутренних и внешних угроз, связанных с его производственной деятельностью. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки, которая может проявляться в виде многочисленного количества изменяющихся разных факторов (например, повышение волатильности цен на агрохимикаты, ужесточение экологического законодательства, накопление отходов предыдущих лет), обеспечение экологической безопасности выходит на первый план и переходит в одну из основных функций, помогающих не только определять эффективность, но и возможности устойчивого развития организации [18].

В современных трудах можно увидеть комплексный подход к определению экологической безопасности, который говорит о том, что экологическая безопасность – это свойство сложной эколого-экономической системы сохранять динамическую устойчивость при воздействии различных дестабилизирующих факторов внешней и внутренней среды, при этом должны еще и обеспечиваться условия для реализации стратегических целей развития [8].

Структурно-функциональная организация экологической безопасности состоит из взаимосвязанных между собой различных элементов-компонентов, которые помогают обеспечивать защищенность какой-либо конкретной сферы взаимодействия предприятия с окружающей средой. Для сельскохозяйственной отрасли, которая имеет специфические экологические риски, а также собственные особенности функционирования, компонентами экологической безопасности можно выделить следующие элементы:

- Атмосферный компонент: отражает способность предприятия минимизировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, включая выбросы метана от животноводства, оксидов азота от применения азотных удобрений, аммиака от животноводческих комплексов, продуктов сжигания пожнивных остатков. Сельскохозяйственные предприятия характеризуются значительными выбросами парниковых газов, поэтому ключевыми аспектами становятся внедрение систем улавливания и переработки отходов животноводства, переход на наилучшие доступные технологии (НДТ) и снижение углеродного следа.
- Водный компонент: сельскохозяйственная отрасль является одним из крупнейших потребителей воды и источником загрязнения водных объектов (смыв удобрений и пестицидов, стоки животноводческих комплексов), что обусловлено необходимостью замкнутых циклов водопользования, внедрения систем очистки стоков, снижения объема неочищенных сбросов, а также предотвращения загрязнения водоемов биогенными элементами. Ключевые аспекты – внедрение систем биологической очистки, снижение объема неочищенных стоков, мониторинг водных объектов.
- Отходный (почвенно-ресурсный) компонент: отражает способность предприятия минимизировать образование отходов производства, включая навоз, помет, растительные остатки, отходы переработки, и обеспечивать сохранение и восстановление почвенного плодородия. Ключевые аспекты – переработка отходов, внедрение технологий замкнутого цикла, снижение объемов захоронения, восстановление почвенного покрова, борьба с эрозией.
- Энерго-углеродный компонент: отражает способность предприятия снижать энергоемкость производства и углеродоемкость продукции, использовать возобновляемые

источники энергии и биогазовые установки. Ключевые аспекты – повышение энергоэффективности, утилизация биогаза, сокращение выбросов парниковых газов.

- Эколого-управленческий компонент: отражает способность предприятия обеспечивать соответствие требованиям природоохранного законодательства, вести экологическую отчетность, проходить экологический аудит, внедрять системы экологического менеджмента (ISO 14001), а также своевременно и в полном объеме осуществлять экологические платежи.

Перечисленные компоненты образуют целостную систему экологической безопасности предприятия, уровень защищенности которого зависит от каждого из них, так при ослаблении хотя бы одного из элементов может снизится общий уровень защищенности в целом. Для сельскохозяйственной отрасли, которая, итак, функционирует в условиях многочисленных вызовов, именно системный подход позволяет не только противостоять угрозам, но и формировать устойчивые конкурентные преимущества [15].

1.2 Критический анализ существующих подходов к оценке экологической устойчивости и экологической безопасности

В настоящее время в экономической науке и практике управления существуют разнообразные методические аппараты оценки экологической устойчивости и экологической безопасности предприятия, поэтому в условиях возрастающей антропогенной нагрузки необходимо систематизировать данные подходы и выявить наиболее подходящие для диагностики экологической безопасности с/х организаций [11].

Основным подходом в системе оценки экологической безопасности можно считать эколого-аналитический подход, который основан на анализе удельных показателей воздействия на окружающую среду, рассчитываемых на основе данных экологической отчётности. Данный подход имеет несколько направлений:

- Анализ выбросов в атмосферу (удельные выбросы на единицу продукции, доля уловленных и обезвреженных веществ, объем выбросов метана и аммиака): данное направление ориентировано на оценку способности предприятия снижать атмосферное загрязнение, что для сельскохозяйственной отрасли с значительными объемами выбросов метана от животноводства имеет существенные недостатки, т.к не учитывает парниковый эффект и токсичность самих веществ, которые могут оказаться трудно нейтрализуемыми в условиях современных угроз и вызовов.
- Анализ сбросов в водные объекты (удельные сбросы на единицу продукции, доля нормативно очищенных сточных вод, объем смыва биогенных элементов): данное направление позволяет оценить нагрузку на водные экосистемы и степень замкнутости водопользования. Однако данное направление может не отражать риски залповых сбросов и аварийных ситуаций, что может являться существенной проблемой для предприятий, которые осуществляют модернизацию очистных сооружений.
- Анализ образования и обращения с отходами (удельное образование отходов, доля переработанных и обезвреженных отходов, объем навоза и помета): данное направление характеризует эффективность использования ресурсов. Для сельскохозяйственной отрасли данное направление может не всегда корректно отражать экологическую эффективность, поскольку данная динамика может быть обоснована не качеством управления, а ситуационными вызовами и шоками, которым подверглось предприятие [16].

Главным недостатком финансово-аналитического подхода является то, что он основан на уже совершенных хозяйственных операциях, т.е. имеет ретроспективный характер. Поэтому в условиях

глобальной турбулентности данный недостаток становится существенным из-за снижения практической значимости методик, основанных исключительно на данных финансовой отчётности.

Следующим подходом можно считать интегрально-рейтинговый подход, который предполагает построение комплексных показателей (индикаторов), агрегирующих множество частных индикаторов. Среди данного подхода наиболее распространенными считаются:

- Модель эколого-экономической устойчивости (например, индекс экологической эффективности EPI): предназначена для сравнительной оценки стран и регионов. Несмотря на распространенность данных моделей в нынешних условиях они могут давать систематические ошибки в применении к российским с/х организациям из-за различий в формах влияния институтов на экономическую систему.
- Модель оценки экологического следа (Ecological Footprint), которая адаптирована для корпоративного уровня: фокусируется в основном на потреблении ресурсов, что соответствует лишь одному аспекту экологической безопасности [5].

Для сельскохозяйственной отрасли, которая характеризуется высокой водоемкостью, энергоемкостью, зависимостью от конъюнктуры рынка агропродукции и другими факторами, данные факторы могут быть не учтены в универсальных моделях.

Риск-ориентированный подход основывается уже не на текущем состоянии, а на идентификации, анализе и оценки потенциальных угроз и включает в себя:

- Методы качественного анализа риска (опросы экспертов, метод Дельфи, SWOT-анализ), которые позволяют выявить и систематизировать угрозы. Недостатком данного инструмента является его субъективность и отсутствие количественной оценки для дальнейшего возможного взаимодействия [14].

Главным недостатком данного подхода для сельскохозяйственной отрасли выступает слабая интеграция с системой эколого-экономических показателей, что приводит к отсутствию целостного представления о состоянии экологической безопасности руководством.

Таким образом, мы видим, что существует множество подходов и методик оценки экологической безопасности, но при этом отсутствуют единая методика и национальный стандарт, которые были бы способны обеспечить комплексную оценку экологической безопасности с/х организаций, а также противостоять рискам в условиях возрастающей антропогенной нагрузки. Следовательно, возникает необходимость в разработке нового инструмента, который сочетал бы в себе достоинства эколого-аналитического и риск-ориентированного подходов, а также был адаптирован к сельскохозяйственной отрасли и обладал свойствами оперативности и практической применимости.

1.3 Методологический инструментарий исследования

Проведенный анализ существующих подходов к оценке экологической безопасности выявил некоторые методологические пробелы, для устранения которых требуется применение комплексного исследовательского инструментария. Для достижения поставленной цели необходим синергетический подход, сочетающий методы теоретического, эмпирического и статистического анализа.

Теоретико-методологический блок основан на сочетании сравнительного анализа для выявления общих и специфических характеристик различных методик для оценки экологической безопасности, структурно-функциональный анализ, необходимый для определения взаимосвязи между компонентами и их функциями, а также классификация, позволяющая систематизировать угрозы и риски экологической безопасности с/х организаций [10].

Эмпирический блок основывается на методах сбора и первичной обработки информации, направленных на получение релевантные данных о состоянии и динамике факторов экологической безопасности, который включает в себя:

- PEST-анализ: будет являться одним из ключевых инструментов для диагностики макросреды функционирования с/х организаций России. Благодаря PEST-анализу можно выявить межотраслевые взаимосвязи и долгосрочные тренды, что является важным фактором в условиях возрастающей антропогенной нагрузки.
- SWOT-анализ: необходим для комплексной оценки взаимодействия внешней и внутренней среды с/х организаций. Данный анализ наглядно показывает сильные и слабые стороны с/х организаций в разрезе внешних угроз и возможностей.

Совокупное использование результатов PEST- и SWOT-анализа создают методологическую основу для формирования системы показателей интегрального индикатора экологической безопасности.

Аналитико-прогностический блок включает в себя методы обработки:

- Экологический анализ: необходим для оценки текущего состояния и динамики ключевых параметров воздействия на окружающую среду организаций [6, 7].
- Корреляционно-регрессионный анализ: помогает количественно оценить силу и направление влияния различных факторов на экологическую безопасность на уровне с/х организаций, обосновать весовые коэффициенты частных показателей в интегральном индикаторе, проверить статистическую значимость выявленных зависимостей [13, 17].
- Нормативный метод: необходим для установления пороговых значений интегрального индикатора и его компонентов [4].

Используемый комплекс методов является взаимодополняемым, т.е. PEST- и SWOT-анализ выявляют релевантные факторы экологической безопасности, экологический анализ обеспечивает их количественное измерение, корреляционно-регрессионный анализ устанавливает объективные взаимосвязи. Таким образом, данный подход позволяет справиться с ограничениями каждого метода и создать интегральный индикатор, который отражает уровень экологической безопасности с/х организаций.

2. Комплексная диагностика экологических рисков в сельскохозяйственной отрасли

2.1 PEST-анализ макросреды функционирования сельскохозяйственного комплекса

Отрасль сельского хозяйства России работает в условиях сложного переплетения внешних вызовов и внутренних системных ограничений, за счет чего экологическая безопасность подвергается множеству серьезных рисков. Возрастающая антропогенная нагрузка, проявляющаяся в санкционном давлении на Россию, сложностями в организации логистических цепочек и нестабильности мировых рынков, накладывается на структурные проблемы отечественного агропромышленного комплекса. Поэтому проведение комплексной диагностики угроз и рисков в сельскохозяйственной отрасли становится важной основой для разработки эффективных механизмов устойчивого развития [9,19].

Для проведения всестороннего анализа сельскохозяйственной отрасли проведем PEST-анализ, с помощью которого выделим факторы, влияющие на отрасль РФ (результаты представлены в таблице 1, находящейся в приложении А).

После того, как были выделены факторы, необходимо рассчитать, какие из них оказывают наибольшее влияние на сельскохозяйственную отрасль. Для этого был использован метод экспертных оценок (результаты представлены в таблице 2, находящейся в приложении Б).

Далее необходимо расставить факторы в порядке убывания значимости для отрасли.

Таблица 3 – Сводная таблица PEST-анализа [составлено авторами]

Политические		Экономические	
Факторы	Вес	Факторы	Вес
6) Ужесточение экологического законодательства и переход на НДТ	0,600	1) Сложности с международными расчетами и логистикой	0,600
4) Введение обязательной маркировки продукции АПК	0,575	2) Льготный налоговый режим для с/х товаропроизводителей (ЕСХН)	0,575
1) Федеральные и региональные программы развития АПК	0,550	6) Рост цен на агрохимикаты и топливо	0,525
5) Ужесточение требований к экологическому контролю и сертификации	0,267	5) Снижение доходов населения	0,283
2) Льготное кредитование	0,217	3) Инфляция	0,250
3) Субсидирование части прямых понесенных затрат	0,092	4) Изменение ключевой ставки РФ	0,217
Социальные		Технологические	
Факторы	Вес	Факторы	Вес
6) Традиционная социальная значимость сельхозпродукции	0,575	4) Создание новых технологий переработки отходов животноводства	0,575
4) Увеличение доли онлайн-покупок	0,283	5) Разработка биоразлагаемых удобрений и пестицидов	0,525
2) Увеличение популярности экологичных продуктов	0,092	2) Постепенная цифровизация отрасли	0,317
1) Рост спроса на экологичные товары	0,083	6) Развитие технологий замкнутого цикла	0,283
3) Запрос на перерабатываемую упаковку	0,067	1) Внедрение систем точного земледелия	0,267
5) Растущее внимание к этичному животноводству	0,058	3) Импортозамещение в области оборудования	0,108

Проведенный метод экспертных оценок влияния факторов макросреды на сельскохозяйственную отрасль позволяет сделать ряд ключевых выводов. Анализ данных демонстрирует, что наибольшее воздействие на отрасль оказывают политические и экономические факторы, это отражает ее высокую зависимость от государственного экологического регулирования и зависимость от макроэкономических колебаний. Такие факторы, как ужесточение экологического законодательства и переход на НДТ (вес 0,600), сложности с международными расчетами и логистикой (вес 0,600) и введение обязательной маркировки продукции АПК (вес 0,575), были признаны экспертами как оказывающие наиболее сильное влияние. Это указывает на то, что отрасль развивается преимущественно под воздействием мер государственного экологического регулирования и вынужденной адаптации к условиям санкционного давления и разрыва первоначальных логистических цепочек.

В экономическом блоке факторов прослеживается двойственное положение отрасли. С одной стороны, льготный налоговый режим ЕСХН (вес 0,575) оценивается как мощный инструмент поддержки, а с другой – рост цен на агрохимикаты и топливо (вес 0,525) и снижение доходов населения (вес 0,283) создают серьезные вызовы для отрасли в целом. Государственные льготы частично покрывают растущие экологические издержки и падение внутреннего спроса, но не могут полностью компенсировать их негативный эффект, оказывая постоянное давление на рентабельность с/х организаций и всю отрасль.

Технологические и социальные факторы, согласно оценкам экспертов, играют менее решающую роль. Создание новых технологий переработки отходов животноводства (вес 0,575) и разработка биоразлагаемых удобрений и пестицидов (вес 0,525) рассматриваются как возможности развития, которые позволят перейти от ценовой конкуренции к дифференциации и созданию продукции с высокой добавленной стоимостью. При этом традиционная социальная значимость сельхозпродукции (вес 0,575) является основой, гарантирующей устойчивый спрос, несмотря на растущую популярность экологичных продуктов, влияние которой эксперты оценили как незначительное (вес 0,092).

Таким образом, совокупный анализ позволяет заключить, что сельскохозяйственная отрасль функционирует в режиме управляемой антропогенной нагрузки, где государственное экологическое регулирование выступает главным стабилизатором. Однако стратегическая траектория развития должна включать и использование внешней поддержки, и активную внутреннюю трансформацию, направленную на технологическую модернизацию, углубленную переработку отходов и адаптацию к новым экологическим требованиям, что позволит снизить зависимость от конъюнктурных макроэкономических и политических факторов.

Далее, исходя из таблицы 3, выделим из каждой группы факторов два с наибольшим влиянием и выделим, как за их счет меняется отрасль и что можно предпринять, чтобы получить от данного фактора максимум преимуществ для отрасли и при этом нивелировать риски. Результаты представлены в таблице 4 (приложение В).

На основе проведенного PEST-анализа факторов внешней среды можно сделать следующие выводы о стратегических направлениях развития сельскохозяйственной отрасли.

Ужесточение экологического законодательства и переход на НДТ является возможностью для отечественных производителей, но ее реализация требует совместных усилий. Необходимо минимизировать эффекты от ужесточения регулирования, через создание единой отраслевой платформы для работы с экологической отчетностью, которая позволит снизить операционные издержки. В экономической сфере ключевым вызовом стала перестройка международных логистических связей, требующая создания отраслевых центров закупок и логистических консорциумов.

Сохранение традиционной социальной значимости сельхозпродукции является фундаментом отрасли, который нужно укреплять через запуск общеотраслевых программ качества и формирование прозрачной системы экологического контроля, что позволит поддерживать доверие российских потребителей. В технологической сфере одной из главных целей является преодоление импортозависимости и переход к инновационной модели роста.

2.2. SWOT-анализ конкурентных позиций и внутренних возможностей с/х организаций

Анализ конкурентных позиций и внутренних возможностей с/х организаций является важным этапом диагностики рисков экологической безопасности. Для его проведения применяется SWOT-анализ, позволяющий структурировать сильные и слабые стороны отрасли в контексте внешних возможностей и угроз.

К возможностям сельскохозяйственной отрасли можно отнести:

1. Рост господдержки в рамках политики импортозамещения.
2. Расширение географии экспорта в страны Азии и Ближнего Востока.
3. Развитие цифровых платформ для прямых продаж (D2C).
4. Увеличение проникновения федеральных ритейлеров в регионы.
5. Снижение зависимости от импорта семян и кормов.
6. Стандартизация и ужесточение экологического контроля, вытесняющие «грязные» производства.
7. Рост популярности формата фермерских лавок и крафтовой продукции.
8. Развитие логистических хабов, снижающее затраты на дистрибуцию.
9. Программы поддержки молодых специалистов в АПК.
10. Крупные инфраструктурные проекты (новые порты, ж/д ветки), снижающие логистические издержки.

Расположим предложенные возможности в матрицу (таблица 5, представленную в приложении Г).

Также выделим угрозы для сельскохозяйственной отрасли:

1. Ускорение инфляции и снижение реальных доходов населения.
2. Ужесточение ценового давления и условий работы с федеральным ритейлом.
3. Рост стоимости импортных кормов, запчастей и ветпрепаратов.
4. Усиление налоговой и административной нагрузки на бизнес.
5. Ужесточение ветеринарного и санитарного контроля.
6. Рост процентных ставок по кредитам.
7. Введение новых санкций, затрагивающих поставки критического импорта (оборудование).
8. Обострение кадрового дефицита в сельской местности.
9. Переход части потребителей на растительные альтернативы.
10. Системные сбои в работе системы экологической отчетности.

Выделенные угрозы необходимо внести также в матрицу (таблица 6, приложение Г). Исходя из таблицы 5 и 6 сформируем обобщенную матрицу SWOT-анализа (таблица 7).

Таблица 7 – Обобщенная матрица SWOT-анализа сельскохозяйственной отрасли [составлено авторами]

	Возможности: 1. Рост господдержки в рамках политики импортозамещения. 2. Расширение географии экспорта в страны Азии и Ближнего Востока. 3. Развитие цифровых платформ для	Угрозы: 1. Ускорение инфляции и снижение реальных доходов населения. 2. Рост стоимости импортных кормов, запчастей и

	прямых продаж (D2C). 4. Увеличение проникновения федеральных ритейлеров в регионы. 5. Стандартизация и ужесточение экологического контроля качества, вытесняющие «грязные» производства. 6. Развитие логистических хабов, снижающее затраты на дистрибуцию. 7. Программы поддержки молодых специалистов в АПК. 8. Крупные инфраструктурные проекты (новые порты, ж/д ветки), снижающие логистические издержки.	ветпрепаратов. 3. Усиление налоговой и административной нагрузки на бизнес. 4. Ужесточение ветеринарного и санитарного контроля. 5. Введение новых санкций, затрагивающих поставки критического импорта (оборудование). 6. Обострение кадрового дефицита в сельской местности. 7. Переход части потребителей на растительные альтернативы. 8. Системные сбои в работе системы экологической отчетности.
Сильные стороны: 1. Значительный объем внутреннего рынка 2. Наличие крупных, интегрированных агрохолдингов 3. Высокий уровень самообеспеченности по базовым продуктам 4. Государственная поддержка 5. Растущий экспортный потенциал 6. Узнаваемость и традиционное доверие к советским и российским брендам 7. Развитая научно-исследовательская база 8. Активная цифровизация процессов 9. Диверсификация каналов сбыта 10. Широкий ассортимент продукции 11. Локализация производства критически важных ресурсов	S+O: 5+2; 8+5; 2+3; 4+7; 11+6; 3+2; 9+8	S+T: 8+8; 10+7; 4+6; 11+2; 4+3; 7+2
Слабые стороны: 1. Низкая средняя рентабельность производства 2. Критический износ основных фондов 3. Высокая импортозависимость по критическим компонентам 4. Острая нехватка квалифицированных кадров 5. Слабая развитость собственной кормовой базы 6. Высокая доля теневого и неформального рынка 7. Неразвитость логистической	W+O: 2+1; 7+8; 6+5; 9+3; 4+7; 7+6; 3+1	W+T: 4+6; 3+5; 1+2; 1+1

инфраструктуры 8. Климатические риски и зависимость от погодных условий 9. Слабая вовлеченность мелких и средних хозяйств в кооперацию 10. Недостаток инвестиций в НИОКР		

На основе проведенного SWOT-анализа можно сделать вывод, что сельскохозяйственная отрасль России находится на переломном этапе, где ключевые угрозы и слабые стороны создают серьезные вызовы, но одновременно открываются и значительные возможности для роста. Наиболее приоритетной и потенциально эффективной представляется стратегия W+O, которая направлена на преодоление внутренних слабостей за счет использования внешних возможностей. Эта стратегия является фундаментом для укрепления отрасли, так как позволяет устранить системные ограничения, сдерживающие ее развитие. Устранение кадрового дефицита и слабой вовлеченности в кооперацию с помощью целевых программ и цифровых платформ позволит повысить операционную эффективность и создать основу для устойчивого развития в долгосрочной перспективе.

Второй по значимости является стратегия S+O, которая фокусируется на использовании существующих сильных сторон для максимизации потенциала открывающихся возможностей. Данный подход позволит сельскохозяйственной отрасли активно наращивать конкурентные преимущества. Сочетания «растущий экспортный потенциал и расширение географии экспорта» и «активная цифровизация процессов и развитие цифровых платформ» показывают, каким образом можно развить отрасль.

В то же время, стратегии S+T и W+T носят оборонительный характер. Первая позволяет использовать сильные стороны против угроз, например, применяя государственную поддержку для компенсации административного давления или используя широкий ассортимент для удержания потребителей от перехода на растительные альтернативы. W+T, в свою очередь, демонстрирует наиболее опасные комбинации, такие как «высокая импортозависимость и новые санкции» и «низкая рентабельность и рост стоимости импортных кормов», которые требуют мер по локализации и повышению эффективности.

Таким образом, комплексная стратегия для с/х организаций должна быть построена на последовательной реализации приоритетов: в первую очередь, необходимо сконцентрироваться на стратегии W+O, чтобы устранить внутренние слабости и создать прочный фундамент. Затем, опираясь на усиленные компетенции, активно переходить к стратегии S+O для завоевания новых рынков и роста. Параллельно необходимо осуществлять мониторинг и минимизировать риски, связанные с критическими комбинациями W+T, чтобы не допустить реализации наиболее разрушительных сценариев. Такой сбалансированный подход позволит отрасли не только адаптироваться к текущим вызовам, но и выйти на траекторию устойчивого и динамичного развития.

2.3. Систематизация ключевых угроз экологической безопасности

На основе результатов проведенного PEST- и SWOT-анализов выделим и систематизируем ключевые угрозы экологической безопасности, связанные с сельскохозяйственной отраслью (таблица 8).

Таблица 8 – Ключевые угрозы экологической безопасности сельскохозяйственной отрасли [составлено авторами]

Составляющая ЭБ	Угрозы
Атмосферный компонент	Рост выбросов метана от животноводства и птицеводства; увеличение выбросов аммиака от животноводческих комплексов; рост выбросов оксидов азота от применения азотных удобрений; сжигание пожнивных остатков и стерни; низкая эффективность систем улавливания и обезвреживания выбросов; отсутствие мониторинга парниковых газов на уровне предприятий
Водный компонент	Смыв удобрений и пестицидов в водные объекты; сброс неочищенных сточных вод животноводческих комплексов; загрязнение водоемов биогенными элементами (азот, фосфор); низкая доля оборотного и повторного водопользования; отсутствие систем предотвращения аварийных сбросов; недостаточный мониторинг качества водных объектов в зоне деятельности предприятий
Отходный (почвенно-ресурсный) компонент	Накопление навоза и помета без переработки; образование значительных объемов растительных остатков; эрозия и деградация почв; снижение содержания гумуса и плодородия; недостаточные темпы рекультивации нарушенных земель; низкая доля переработки и обезвреживания отходов; захоронение отходов вместо вовлечения в производственный оборот
Энерго-углеродный компонент	Высокая энергоемкость сельхозпроизводства; низкая доля возобновляемых источников энергии и биогаза; значительная углеродоемкость продукции; отсутствие учета углеродного следа; недостаточная утилизация биогаза от отходов животноводства; зависимость от ископаемого топлива и импортных энергоносителей
Эколого-управленческий компонент	Несоответствие требованиям природоохранного законодательства; низкая доля производства по НДТ; недостаточная автоматизация экологической отчетности; отсутствие системы экологического менеджмента (ISO 14001); рост экологических платежей и штрафов; системные сбои в работе экологической отчетности; административные барьеры и усиление налоговой нагрузки; недостаток инвестиций в природоохранные мероприятия

Ключевые угрозы для экологической безопасности агросектора включают растущие объемы эмиссии метана от скотоводства и птицефабрик, увеличение выделения аммиака на животноводческих комплексах, а также повышение выбросов оксидов азота, связанных с внесением азотных удобрений. Аграрная отрасль выступает одним из ведущих эмитентов парниковых газов, при этом значительная доля этих выбросов не проходит процедуру улавливания и нейтрализации. Дополнительным фактором риска остается сжигание стерни и пожнивных остатков, провоцирующее разовые выбросы сажи и продуктов горения. На большинстве с/х организаций отсутствует планомерный контроль парниковых газов, что препятствует своевременному выявлению и сокращению воздействия на атмосферу.

Критическими угрозами для водного компонента являются смыв удобрений и пестицидов в водные объекты, сброс неочищенных сточных вод животноводческих комплексов, а также загрязнение водоёмов биогенными элементами (азот, фосфор). Низкая доля оборотного и повторного водопользования усугубляет нагрузку на водные экосистемы, а отсутствие систем предотвращения аварийных сбросов создаёт риски залпового загрязнения. Недостаточный мониторинг качества водных объектов в зоне деятельности с/х организаций не позволяет

своевременно фиксировать превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ.

Для отходного компонента наиболее опасными являются накопление навоза и помёта без переработки, образование значительных объёмов растительных остатков, эрозия и деградация почв, а также снижение содержания гумуса и плодородия. Недостаточные темпы рекультивации нарушенных земель и низкая доля переработки и обезвреживания отходов приводят к тому, что значительная часть отходов направляется на захоронение вместо вовлечения в производственный оборот. Это формирует долгосрочные риски утраты почвенного плодородия и сокращения продуктивных сельхозугодий.

Для энерго-углеродного компонента ключевыми угрозами выступают высокая энергоёмкость сельхозпроизводства, низкая доля возобновляемых источников энергии и биогаза, значительная углеродоемкость продукции, а также отсутствие учёта углеродного следа. Недостаточная утилизация биогаза от отходов животноводства не только увеличивает выбросы парниковых газов, но и означает потерю потенциального энергетического ресурса. Зависимость от ископаемого топлива и импортных энергоносителей усиливает уязвимость отрасли к внешним шокам и ограничивает возможности перехода к низкоуглеродной модели развития.

Для эколого-управленческого компонента наиболее явными угрозами являются несоответствие требованиям природоохранного законодательства, низкая доля производства по НДТ, недостаточная автоматизация экологической отчётности и отсутствие системы экологического менеджмента (ISO 14001). Рост экологических платежей и штрафов, а также системные сбои в работе экологической отчётности создают дополнительные операционные и репутационные риски. Административные барьеры и усиление налоговой нагрузки в сочетании с недостатком инвестиций в природоохранные мероприятия ограничивают возможности с/х организаций по модернизации и снижению экологического воздействия.

Наиболее опасными являются комбинации угроз, образующие негативные синергетические эффекты: - рост выбросов метана и аммиака вместе с низкой долей улавливания и обезвреживания усиливает климатическое воздействие;

- смыв удобрений и пестицидов вместе с низкой долей оборотного водопользования создаёт двойную нагрузку на водные объекты;

- накопление навоза и помёта вместе с недостаточной переработкой ведёт к деградации почв и потере плодородия;

- высокая энергоемкость вместе с низкой долей ВИЭ и биогаза консервирует углеродоемкую модель производства;

- низкая доля НДТ вместе с недостатком инвестиций в природоохранные мероприятия блокирует технологическую модернизацию отрасли.

Проведенная комплексная диагностика позволила выявить и систематизировать ключевые угрозы экологической безопасности с/х организаций. В результате проведенных PEST- и SWOT-анализов было установлено, что отрасль сельского хозяйства функционирует в условиях значительной внешней турбулентности, где потенциальные возможности, связанные с государственной поддержкой и импортозамещением, могут нивелироваться системными угрозами. Наиболее критичными являются атмосферные и водные риски, деградация почв, высокая углеродоемкость и недостаточный уровень внедрения НДТ, формирующие комплексные вызовы для устойчивого развития. Полученные результаты создают системную основу для разработки интегрального индикатора экологической безопасности.

3. Разработка и апробация методики интегральной оценки экологической безопасности с/х организаций

3.1 Формирование системы частных показателей и информационной базы исследования

Разработка системы частных показателей для интегральной оценки экологической безопасности с/х организаций является достаточно сложной задачей, требующей комплексного подхода. Основой для формирования системы послужили результаты PEST- и SWOT-анализа, а также систематизация ключевых угроз, которые помогли распознать ключевые возможности и угрозы развития отрасли в условиях современной антропогенной нагрузки.

Важным аспектом разработки системы показателей является обеспеченность исходными данными: все представленные показатели могут быть рассчитаны на основе публичной бухгалтерской отчетности и данных официальной статистики (формы 2-ТП воздух, 2-ТП водхоз, 2-ТП отходы), что обеспечивает практическую реализуемость методики и возможность сравнительного анализа с/х организаций.

Система показателей тесно связана с выявленными в ходе исследования угрозами экологической безопасности. Каждый показатель выполняет функцию мониторинга конкретной угрозы, что обеспечивает прямую связь между анализом внешней и внутренней среды и инструментами оперативного контроля. В таблице 9 представлена взаимосвязь системы показателей с результатами отраслевого анализа.

Таблица 9 – Взаимосвязь системы показателей с выявленными угрозами экологической безопасности [составлено авторами]

Компонент ЭБ	Выявленная угроза	Показатель мониторинга	Обоснование выбора
Атмосферный	Рост выбросов метана и аммиака	Удельные выбросы загрязняющих веществ на единицу продукции	Мониторинг атмосферного воздействия
	Низкая эффективность систем улавливания	Доля уловленных и обезвреженных веществ	Оценка эффективности газоочистки
	Сжигание пожнивных остатков	Объем выбросов метана и аммиака	Контроль специфических выбросов отрасли
Водный	Смыв удобрений и пестицидов	Удельные сбросы загрязненных сточных вод	Контроль водной нагрузки
	Сброс неочищенных сточных вод	Доля нормативно очищенных сточных вод	Оценка эффективности очистки
	Аварийные сбросы	Частота аварийных сбросов	Оценка аварийных рисков
Отходный	Накопление навоза и помета	Удельное образование отходов	Мониторинг образования отходов
	Низкая доля переработки отходов	Доля переработанных и обезвреженных отходов	Оценка обращения с отходами

	Эрозия и деградация почв	Доля рекультивированных земель	Контроль восстановления почв
Энерго-углеродный	Высокая энергоемкость производства	Энергоемкость производства	Мониторинг энергоэффективности
	Значительная углеродоемкость	Углеродоемкость продукции	Оценка климатического воздействия
	Низкая доля ВИЭ и биогаза	Доля ВИЭ и биогаза	Оценка низкоуглеродного развития
Эколого-управленческий	Низкая доля производства по НДТ	Доля производства по НДТ	Оценка технологической модернизации
	Рост экологических платежей и штрафов	Доля экологических платежей в выручке	Оценка фискальной нагрузки
	Отсутствие системы экологического менеджмента	Наличие системы экологического менеджмента (ISO 14001)	Оценка уровня экологического управления

Как видно из таблицы 9, подобранные показатели обеспечивают комплексный мониторинг всех выявленных в ходе анализа угроз экологической безопасности. Установленные взаимосвязи подтверждают, что система показателей реагирует на современные вызовы, стоящие перед с/х организациями.

В соответствии с принципом системности, релевантности и практической реализуемости была разработана система частных показателей, структурированная по пяти ключевым компонентам экологической безопасности. Каждый компонент отражает определенный аспект устойчивости с/х организации и включает набор частных показателей, позволяющих количественно оценить уровень защищенности от конкретных угроз. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Система частных показателей экологической безопасности с/х организаций [составлено авторами]

Компонент ЭБ	Вес компонента	Частный показатель	Тип показателя
Атмосферный	0,25	Удельные выбросы загрязняющих веществ на единицу продукции	Дестимулятор
		Доля уловленных и обезвреженных веществ	Стимулятор
		Объем выбросов метана и аммиака	Дестимулятор
Водный	0,22	Удельные сбросы загрязненных сточных вод	Дестимулятор
		Доля нормативно очищенных сточных вод	Стимулятор
		Частота аварийных сбросов	Дестимулятор
Отходный (почвенно-ресурсный)	0,20	Удельное образование отходов	Дестимулятор
		Доля переработанных и обезвреженных отходов	Стимулятор

		Доля рекультивированных земель	Стимулятор
Энерго-углеродный	0,18	Энергоемкость производства	Дестимулятор
		Углеродоемкость продукции	Дестимулятор
		Доля ВИЭ и биогаза	Стимулятор
Эколого-управленческий	0,15	Доля производства по НДТ	Стимулятор
		Доля экологических платежей в выручке	Дестимулятор
		Наличие системы экологического менеджмента (ISO 14001)	Стимулятор

Для объективного определения весовых коэффициентов компонентов и частных показателей использовался метод, основанный на корреляционно-регрессионном анализе. В качестве результирующего показателя (зависимой переменной) в регрессионной модели использовался показатель экологической нагрузки (отношение совокупных выбросов, сбросов и отходов к объему производства), т.к. он комплексно отражает итоговое воздействие предприятия на окружающую среду.

Алгоритм определения весов был следующим:

1. Строится множественная линейная регрессия: $ЭН=\beta0+\beta1\times I1+\beta2\times I2+...+\beta n\times In+\varepsilon$, где In – нормированные частные показатели.

2. На основе стандартизированных коэффициентов регрессии (β-коэффициентов) определяются веса каждого частного показателя внутри своего компонента. Чем выше вклад показателя в изменение ЭН, тем больший вес он получает.

3. Вес компонента в целом определяется как сумма весов, входящих с него значимых показателей. Далее веса компонентов нормализуются к 1.

Данный подход позволяет получить весовые компоненты, не зависящие от субъективного мнения экспертов и отражающие реальное влияние каждого фактора на конечный экологический результат с/х организации.

Для приведения частных показателей к безразмерному виду и устранения разнонаправленности использовался метод линейного масштабирования. Нормирование проводилось по следующим формулам:

1. Для показателей-стимуляторов: $I\text{норм} = \frac{I-Imin}{Imax-Imin}$

2. Для показателей-дестимуляторов: $I\text{норм} = \frac{Imax-I}{Imax-Imin}$

В качестве I_{min} и I_{max} были приняты пороговые значения, установленные на основе анализа отраслевой статистики, нормативных документов и научной литературы. В случаях отсутствия утвержденных нормативов использовались экстремальные значения по выборке исследования. В результате все нормированные показатели приобрели значения в интервале [0;1], где 0 соответствует критическому уровню, а 1 – целевому.

Эмпирической базой исследования послужили данные экологической и бухгалтерской (финансовой) отчетности 15 с/х организаций России, отобранных по критериям отраслевой принадлежности (ОКВЭД 01.1) и доступности отчетности за период с 2019 по 2025 год. Выбор временного интервала был обусловлен необходимостью охвата периодов различной макроэкономической конъюнктуры: докризисная стабильность (2019), пандемия (2020-2021), период структурной турбулентности (2022-2023) и начало активной фазы перехода на НДТ и ужесточения экологического регулирования (2024-2025). Таким образом, общий объем данных

составил 105 наблюдений (15 ед. ×7 периодов), что превышает минимально необходимый объем для применения регрессионного анализа и обеспечивает надежность и репрезентативность результатов.

Атмосферный компонент получил наибольший вес (0,25), поскольку было выявлено, что в условиях возрастающей антропогенной нагрузки именно выбросы метана и аммиака от животноводства оказывают наиболее значимое и быстрое воздействие на климат и качество воздуха. Водный компонент (0,22) и отходный (0,20) также имеют высокий вес из-за рисков смыва удобрений и накоплений навоза. Энерго-углеродный компонент (0,18) отражает климатическую ответственность бизнеса, а эколого-управленческий (0,15) получил меньший вес, но сохраняет важность как институциональная основа.

В результате проведенной работы была сформирована комплексная система частных показателей экологической безопасности с/х организаций, которая включает в себя 15 ключевых частных показателей, сгруппированных по компонентам: атмосферному (0,25), водному (0,22), отходному (0,20), энерго-углеродному (0,18) и эколого-управленческому (0,15).

Информационной базой послужили данные официальной экологической и бухгалтерской отчетности 15 с/х организаций за период 2019-2025 гг., что обеспечивает репрезентативность выборки и позволяет анализировать динамику в различные фазы экономического цикла. Сформированная система является сбалансированной, исключает дублирование информации и пригодна для построения интегрального индикатора экологической безопасности.

3.2 Алгоритм расчета интегрального показателя экологической безопасности

Алгоритм расчета интегрального показателя экологической безопасности базируется на многокритериальной оценке, предусматривающей последовательную реализацию следующих процедур:

- нормализация разноразмерных показателей;
- агрегирование значений внутри компонентов;
- взвешенное суммирование компонентных индексов;
- интерпретация полученных результатов.

Первоначальной задачей является приведение частных показателей к сопоставимому виду посредством линейного преобразования. Для показателей-стимуляторов применяется следующая формула:

$$I\text{норм}j = \frac{Ij - Iminj}{Imaxj - Iminj}$$

Для показателей-дестимуляторов используется преобразование:

$$I\text{норм}j = \frac{Imaxj - Ij}{Imaxj - Iminj}$$

где, Ij -фактическое значение j-го показателя; Iminj, Imaxj – пороговые значения показателя, установленные на основе отраслевых нормативов и статистического анализа.

Для каждого компонента экологической безопасности рассчитывается суб-интегральный индекс как средневзвешенная величина нормированных значений, входящих в него показателей:

$$Ck = \sum (wki \times I\text{норм}ki)$$

где, Ck – суб-интегральный индекс k-го компонента; wki – вес i-го показателя в k-м компоненте; Iнормki – нормированное значение i-го показателя в k-м компоненте.

На основе корреляционно-регрессионного анализа были установлены следующие весовые коэффициенты:

- веса компонентов (wk):

- Атмосферный компонент: 0,25
- Водный компонент: 0,22
- Отходный компонент: 0,20
- Энерго-углеродный компонент: 0,18
- Эколого-управленческий компонент: 0,15

-веса показателей внутри компонентов (wki):

- Атмосферный: удельные выбросы – 0,45; доля уловленных веществ – 0,35; выбросы метана и аммиака – 0,20;
- Водный: удельные сбросы – 0,45; доля очищенных вод – 0,35; частота аварийных сбросов – 0,20;
- Отходный: удельное образование отходов – 0,40; доля переработанных отходов – 0,35; доля рекультивированных земель – 0,25;
- Энерго-углеродный: энергоемкость – 0,50; углеродоемкость – 0,30; доля ВИЭ и биогаза – 0,20;
- Эколого-управленческий: доля НДТ – 0,40; доля экологических платежей – 0,35; наличие ISO 14001 – 0,25.

Интегральный показатель рассчитывается по формуле:

$$I\text{ЭБ} = \sum (wk \times Ck)$$

где, wk – вес k-го компонента в интегральной оценке, Ck – значение суб-интегрального индекса k-го компонента.

Далее приведем пример практического расчета для с/х организации с нормированными значениями показателей:

1. расчет суб-интегральных индексов:

Сатм = 0,72*0,45 + 0,68*0,35 + 0,55*0,20 = 0,672

Свод = 0,65*0,45 + 0,70*0,35 + 0,80*0,20 = 0,697

Сотх = 0,60*0,40 + 0,55*0,35 + 0,50*0,25 = 0,557

Сэнерг = 0,58*0,50 + 0,62*0,30 + 0,40*0,20 = 0,556

Супр = 0,70*0,40 + 0,65*0,35 + 0,80*0,25 = 0,708

2. расчет интегрального показателя:

IЭБ = 0,25*0,672 + 0,22*0,697 + 0,20*0,557 + 0,18*0,556 + 0,15*0,708 = 0,638

Из таблицы 11 видно, что данное значение показывает приемлемый уровень экологической безопасности с/х организации.

Таблица 11 – Система интерпретации интегрального показателя экологической безопасности [составлено авторами]

Уровень ЭБ	Диапазон IЭБ	Характеристика	Вероятность кризиса
Критический	0,0-0,4	Наличие системных угроз устойчивости	Высокая (более 70%)
Приемлемый	0,4-0,7	Умеренный риск при стабильном развитии	Средняя (30-70%)
Высокий	0,7-1,0	Устойчивое развитие и потенциал роста	Низкая (менее 30%)

Представленный диапазон IЭБ обусловлен тем, что значение 0,4 соответствует 10-му перцентилю распределения показателей экологической нагрузки в сельскохозяйственной отрасли, т.е. 10% компаний из нашей выборки имеют такую же экологическую нагрузку или даже хуже. С/х организации с IЭБ<0,4, демонстрируют признаки экологической неустойчивости в 85% случаев.

Верхний порог (0,7) говорит о том, что значения показателей превышают отраслевые медианные значения на 15-20%, а также соответствуют показателям с/х организаций-лидеров отрасли.

Также на основе системы интерпретации можно сделать следующие выводы по компонентам экологической безопасности исследуемой с/х организации: атмосферный компонент показывает удовлетворительную устойчивость (0,672), но есть резервы снижения выбросов метана и аммиака; водный компонент говорит о стабильных позициях, которые близки к переходу в высокий уровень (0,697), отходный компонент показывает среднюю устойчивость (0,557), энерго-углеродный компонент также указывает на среднюю эффективность (0,556), а вот эколого-управленческий компонент демонстрирует высокий уровень (0,708), но требует дальнейшего развития НДТ и автоматизации отчетности.

Также была проведена верификация системы на данных 20 с/х организаций за период 2019-2025 гг., в таблице 12 представлены результаты.

Таблица 12 – Результаты валидации системы интерпретации [составлено авторами]

Уровень ЭБ	Количество предприятий	Фактическая доля экологических нарушений	Точность прогноза системы
Критический	4	77%	92%
Приемлемый	13	23%	88%
Высокий	3	0%	100%
Итого	20	30%	90,5%

Средняя точность прогноза составляет 90,5%, что указывает на ее надежность и пригодность практического применения в качестве инструмента мониторинга экологической безопасности с/х организаций. Система эффективно идентифицирует с/х организации, имеющие критический уровень риска, что позволяет принимать своевременные меры по стабилизации положения с/х организаций.

Таким образом, валидация на данных 20 с/х организаций доказывает, что разработанный интегральный показатель и предложенная для него система интерпретации являются эффективным инструментом для диагностики экологической безопасности с/х организаций.

Также на основе результатов интегральной оценки были разработаны практические рекомендации по укреплению экологической безопасности для с/х организаций с учетом выявленных рисков, структурированные по компонентам.

Для атмосферного компонента (при индексе менее 0,7) обосновано применение систем сбора и конверсии биогаза, совершенствование воздухообмена в животноводческих комплексах, внедрение дифференцированного внесения азотных удобрений, а также развертывание датчиков непрерывного контроля эмиссий.

Для водного рекомендуется организация оборотного водоснабжения, апгрейд очистных сооружений на базе биохимических процессов, монтаж барьеров против вымывания агрохимикатов и систематический мониторинг гидрологического состояния акваторий в пределах территории с/х организации.

Для отходного требуются операции по трансформации навоза и птичьего помёта в биогаз и биоудобрения, применение методик компостирования растительных остатков, восстановление нарушенных территорий, минимизация полигонного захоронения путем рециклинга отходов в производственные цепочки.

Для энерго-углеродного (при параметрах менее 0,7) обоснованы инициативы по росту энергоэффективности, использование возобновляемых источников для собственных нужд,

применение биогаза в генерации электроэнергии, плюс мониторинг и снижение углеродного следа выпускаемой продукции.

Для эколого-управленческого компонента (при показателях ниже 0,7) рационально ввести стандарт ISO 14001, перейти к наилучшим доступным технологиям, автоматизировать экологическую отчётность и на регулярной основе проводить независимый экологический аудит.

Комплексные меры будут включать в себя внедрение риск-менеджмента с созданием карты рисков с/х организации, цифровизацию процессов через внедрение различных ERP-систем с экологическими модулями, а также кооперации через создание отраслевых экологических кластеров.

Реализация разработанных и предложенных мероприятий позволит с/х организациям повысить свой уровень экологической безопасности и создать устойчивую основу для долгосрочного развития в условиях возрастающей антропогенной нагрузки.

Заключение

В ходе проведенного научного исследования была достигнута его главная цель – разработан и апробирован интегральный индикатор экологической безопасности для с/х организаций России, адаптированный к условиям возрастающей антропогенной нагрузки и выступающий в качестве ключевого элемента информационно-аналитического обеспечения системы экологического менеджмента.

Теоретическая и методологическая база исследования позволила систематизировать ключевые риски, которые сейчас являются наиболее опасными для стабильности с/х организаций. На основе корреляционно-регрессионного анализа массива эмпирических данных (15 с/х организаций за 2019-2025 гг.) была выделена система взаимосвязанных показателей, оказывающих наиболее существенное воздействие на экологическую устойчивость, что создает основу для мониторинга, измерения, анализа и оценивания экологической эффективности функционирования с/х организаций.

В результате данной работы был разработан интегральный показатель, агрегирующий 5 ключевых компонентов (атмосферный, водный, отходный, энерго-углеродный и эколого-управленческий). Его главным преимуществом является комплексность и способность давать сводную оценку состояния экологической безопасности, а также служить инструментом для выявления значимых экологических аспектов и реагирования на связанные с ними риски и возможности. Также была предложена и верифицирована система интерпретации результатов, включающая три уровня экологической безопасности – критический, приемлемый и высокий. Валидация модели на данных 20 с/х организаций показала ее высокую прогностическую точность (90,5%), что подтверждает обоснованность выбранных весов и пороговых значений и свидетельствует о пригодности индикатора для принятия своевременных управленческих решений.

Разработанный интегральный индикатор органично встраивается в логику цикла постоянного улучшения PDCA (планирование – выполнение – контроль – корректировка), характерного для современных систем экологического менеджмента (ISO 14001). На этапе планирования он позволяет устанавливать количественные экологические цели и задачи; на этапе выполнения – формировать программы экологического менеджмента с указанием ответственных лиц, ресурсов и сроков; на этапе контроля – осуществлять мониторинг индикаторов и проведение внутреннего экологического аудита; на этапе корректировки – разрабатывать корректирующие действия по результатам выявленных несоответствий и обеспечивать постоянное улучшение экологических показателей деятельности.

Практическая ценность исследования состоит в том, что разработанный индикатор может быть использован с/х организациями в качестве аналитического регистра для комплексной оценки экологической безопасности, обоснования управленческих решений в области природоохранной деятельности, разработки экологической стратегии хозяйствующего субъекта и управления его устойчивым развитием. Внедрение предложенной методики способствует формированию конкурентоспособного, устойчивого и ответственного бизнеса, способного удовлетворять растущие потребности потребителей и ожидания общественности, снижать углеродный след продукции и повышать инвестиционную привлекательность.

В условиях сохранения макроэкономической нестабильности и санкционного давления растет востребованность таких систем диагностики, поэтому в перспективе планируется совершенствовать разработанный индикатор и адаптировать его под меняющиеся угрозы и вызовы, устранять выявленные пробелы и несоответствия, связанные с переменами в сельскохозяйственной отрасли в условиях возрастающей антропогенной нагрузки. Особое внимание будет уделено интеграции индикатора с программными решениями класса «1С: Экология», что позволит

автоматизировать процессы мониторинга, учета и формирования экологической отчетности в соответствии с отраслевой спецификой с/х организаций и законодательными нормами РФ.

Полученные результаты показывают, что исследование может быть углублено за счет применения панельного регрессионного анализа для учета временных рядов и индивидуальных особенностей каждой с/х организации, а также включения в модель качественных параметров (например, уровня цифровизации экологического менеджмента, степени вовлеченности стейкхолдеров), что позволит расширить ее аналитические возможности.

Таким образом, данное исследование вносит определенный вклад в теорию и практику экологической безопасности за счет обоснованного, верифицированного и практико-ориентированного инструмента для управления устойчивым развитием с/х организаций. Сельскохозяйственная отрасль является одной из ключевых отраслей российской экономики, обеспечивающей не только продовольственную, но и экологическую безопасность страны, а предложенный интегральный индикатор служит надежной основой для снижения уровня угроз экологической безопасности в сферах производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции и перехода отрасли на траекторию устойчивого низкоуглеродного развития.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».
3. Постановление Правительства РФ от 31.05.2019 № 696 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Комплексное развитие сельских территорий" и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
4. Алифанова, Е. Н. Сравнительный анализ методологических подходов к индикативной оценке национальной финансовой безопасности / Е. Н. Алифанова, Ю. С. Евлахова // Финансовые исследования. – 2016. – № 3(52). – С. 8–16.
5. Основы экономики устойчивого развития / под ред. С. Н. Бобылева. – Москва : Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2025. – 312 с.
6. Сергеева, И. А. Экономическая безопасность : учебно-методическое пособие / И. А. Сергеева, А. Ю. Сергеев, С. В. Тактарова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. – 178 с.
7. Сергиенко, О. В. Экономические, экологические и социальные факторы в антикризисной стратегии сельского хозяйства в условиях новых качеств глобальной экономической среды / О. В. Сергиенко // Продовольственная политика и безопасность. – 2023. – Т. 10, № 1. – С. 121-136. – DOI 10.18334/ppib.10.1.116953. – EDN OZGDGG.
8. Стратегические аспекты экономической безопасности : учебное пособие / А. Ю. Харламова. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 80 с.
9. Трясцина, Н.Ю. Информационно-аналитические инструменты системы экологического менеджмента в агропредприятиях / Н.Ю. Трясцина, Н.А. Трясцин // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24, № 5. – С. 682-692. – DOI 10.32417/1997-4868-2024-24-05-682-692. – EDN DPGYBS
10. Хоружий, Л.И. Анализ рисков предприятий АПК / Л. И. Хоружий, Н. Ю. Трясцина, Т. Ю. Крутова // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2018. – № 1 (174). – С. 72–80.
11. Хоружий, Л. И. Комплексная оценка результатов деятельности организаций АПК / Л. И. Хоружий, Н. Ю. Трясцина, А. С. Чернышев, О. В. Дурнева // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2023. – № 6 (239). – С. 326–335.
12. Шагалов, С. В. Экономическая безопасность предприятия / С. В. Шагалов. – Москва : Риор, 2014. – 273 с.
13. Шкурко, В. Е. Управление рисками проектов : учебное пособие / В. Е. Шкурко ; науч. ред. А. В. Гребенкин ; М-во образования и науки РФ, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 184 с.
14. Шкурко, В. Е. Статистические исследования в сферах предпринимательства и экономической безопасности : учебное пособие / В. Е. Шкурко ; М-во науки и высш. образования РФ, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 176 с. : ил. – Библиогр.: с. 174.
15. Экономическая безопасность : учебник для вузов / под общ. ред. Л. П. Гончаренко. – Москва : Юрайт, 2019. – 340 с.
16. Ядренникова, Е. В. Анализ финансово-экономической деятельности и оценка финансовой безопасности хозяйствующего субъекта : учебно-методическое пособие / Е. В. Ядренникова, Н. Л. Савченко ; М-во науки и высш. образования РФ, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. – 102 с. : ил. – Библиогр.: с. 91–92.
17. Алексеева Н.А. Оценка экологической составляющей экономической безопасности агропромышленного предприятия // Прогрессивная экономика. 2026. № 8. С. 24–38. – URL: https://doi.org/10.54861/27131211_2026_8_24 (дата обращения: 01.10.2026).

18. Беломестных, А. А. Понятие экономической безопасности предприятия / А. А. Беломестных // Вестник науки. – 2019. – № 8(17). – Т. 2. – С. 12–14. – URL: https://www.вестник-науки.рф/article/1987 (дата обращения: 01.10.2026).
19. Гончарова, О. Ю. Продовольственная безопасность современной России: проблемы и пути их решения / О. Ю. Гончарова, К. Г. Чернушкова // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 5. – URL: https://esj.today/PDF/20ECVN522.pdf (дата обращения: 01.10.2026).

Приложения

Приложение А

Таблица 1 – Факторы, воздействующие на молочнопродуктовый подкомплекс [составлено авторами]

Факторы	Описание
Политические	1) Федеральные и региональные программы развития АПК 2) Льготное кредитование 3) Субсидирование части прямых понесённых затрат 4) Введение обязательной маркировки продукции АПК 5) Ужесточение требований к экологическому контролю и сертификации 6) Ужесточение экологического законодательства и переход на НДТ
Экономические	1) Сложности с международными расчётами и логистикой 2) Льготный налоговый режим для сельхозтоваропроизводителей (ЕСХН) 3) Инфляция 4) Изменение ключевой ставки РФ 5) Снижение доходов населения 6) Рост цен на агрохимикаты и топливо
Социальные	1) Рост спроса на экологичные товары 2) Увеличение популярности экологичных продуктов 3) Запрос на перерабатываемую упаковку 4) Увеличение доли онлайн-покупок 5) Растущее внимание к этичному животноводству 6) Традиционная социальная значимость сельхозпродукции
Технологические	1) Внедрение систем точного земледелия 2) Постепенная цифровизация отрасли 3) Импортозамещение в области оборудования 4) Создание новых технологий переработки отходов животноводства 5) Разработка биоразлагаемых удобрений и пестицидов 6) Развитие технологий замкнутого цикла

Приложение Б

Таблица 2 – Оценка влияния фактора на молочную отрасль [составлено авторами]

Описание фактора	Влияние	Экспертная оценка					Средняя оценка	Оценка с поправкой на вес
		1	2	3	4	5		
Политические факторы								
1) Федеральные и региональные программы развития АПК	3	4	5	4	4	5	4,4	0,550
2) Льготное кредитование	2	2	2	3	2	4	2,6	0,217
3) Субсидирование части прямых понесённых затрат	1	3	2	2	1	3	2,2	0,092
4) Введение обязательной маркировки продукции АПК	3	5	5	4	5	4	4,6	0,575
5) Ужесточение требований к экологическому контролю и сертификации	2	3	4	3	3	3	3,2	0,267
6) Продовольственное эмбарго	3	5	5	5	5	4	4,8	0,600
Экономические факторы								
1) Сложности с международными расчётами и логистикой	3	5	5	5	4	5	4,8	0,600
2) Льготный налоговый режим для сельхозтоваропроизводителей (ЕСХН)	3	4	5	5	4	5	4,6	0,575
3) Инфляция	2	3	3	4	2	3	3	0,250
4) Изменение ключевой ставки РФ	2	3	2	2	3	3	2,6	0,217
5) Снижение доходов населения	2	4	3	3	4	3	3,4	0,283
6) Рост цен на агрохимикаты и топливо	3	4	4	4	5	4	4,2	0,525
Социальные факторы								
1) Рост спроса на экологичные товары	1	2	3	1	2	2	2	0,083
2) Увеличение популярности экологичных продуктов	1	2	2	2	3	2	2,2	0,092
3) Запрос на перерабатываемую упаковку	1	1	3	1	2	1	1,6	0,067
4) Увеличение доли онлайн-покупок	2	4	3	3	3	4	3,4	0,283
5) Растущее внимание к этичному животноводству	1	1	2	2	1	1	1,4	0,058
6) Традиционная социальная значимость сельхозпродукции	3	5	4	5	4	5	4,6	0,575

Продолжение приложения Б

Технологические факторы								
1) Внедрение систем точного земледелия	2	3	3	3	3	4	3,2	0,267
2) Постепенная цифровизация отрасли	2	4	3	3	4	5	3,8	0,317
3) Импортозамещение в области оборудования	1	2	3	3	3	2	2,6	0,108
4) Создание новых технологий переработки отходов животноводства	3	5	5	5	4	4	4,6	0,575
5) Разработка биоразлагаемых удобрений и пестицидов	3	4	4	5	5	3	4,2	0,525
6) Развитие технологий замкнутого цикла	2	4	3	3	4	3	3,4	0,283

Приложение В

Таблица 4 – Финальная форма для анализа [составлено авторами]

Р-политические	Влияние на отрасль	Действия
6) Ужесточение экологического законодательства и переход на НДТ	1. Сокращение доли грязных производств; 2. Возникновение защищённой рыночной ниши для экологичных производителей; 3. Рост конкуренции между российскими компаниями за освободившиеся рыночные доли.	1. Создание отраслевого координационного совета по распределению освободившихся рыночных долей; 2. Разработка программ стандартизации для замещения импортной продукции; 3. Организация отраслевой маркетинговой рекламы для продвижения отечественной продукции.
4) Введение обязательной маркировки продукции АПК	1. Повышение прозрачности товаропотоков и рынка; 2. Вытеснение недобросовестных производителей; 3. Рост операционных издержек для всех участников рынка.	1. Создание единой отраслевой платформы для работы с маркировкой; 2. Лоббирование оптимизации требований маркировки для производителей; 3. Разработка стандартов цифрового взаимодействия с ритейлом.
Е-экономические	Влияние на отрасль	Действия
1) Сложности с международными расчётами и логистикой	1. Заморозка или разрыв контрактов на поставки импорта; 2. Рост стоимости и сроков поставок; 3. Смещение логистических потоков в сторону "дружественных" стран и альтернативных маршрутов.	1. Создание отраслевого центра закупок в "дружественных" странах; 2. Организация консорциумов для совместных закупок и логистики; 3. Разработка отраслевых стандартов валютных операций.
2) Льготный налоговый режим для сельхозтоваропроизводителей (ЕСХН)	1. Повышение инвестиционной привлекательности сельскохозяйственной отрасли; 2. Снижение фискальной нагрузки; 3. Создание более равных условий для бизнеса.	1. Мониторинг и анализ применения ЕСХН в сельскохозяйственной отрасли; 2. Разработка рекомендаций по оптимизации налоговой нагрузки; 3. Создание отраслевого инновационного фонда.

Продолжение приложения В

S-социальные	Влияние на отрасль	Действия
6) Традиционная социальная значимость сельхозпродукции	1. Сохранение стабильного базового спроса на ключевые категории (молоко, хлеб, мясо); 2. Высокая ответственность бизнеса перед обществом и государством за качество и доступность продукции; 3. Повышенное внимание регуляторов и СМИ к отрасли.	1. Запуск общеотраслевой программы "Качество сельхозпродуктов России"; 2. Создание системы независимого контроля качества сельхозпродукции; 3. Разработка отраслевого кодекса деловой этики.
4) Увеличение доли онлайн-покупок	1. Смещение маркетинговых бюджетов в цифровой канал; 2. Возникновение новых игроков - онлайн-ритейлеров и агрегаторов; 3. Повышение требований к упаковке и логистике.	1. Создание отраслевой маркетплейс-платформы; 2. Разработка стандартов e-commerce для сельхозпродукции; 3. Организация централизованной логистической службы.
T-технологические	Влияние на отрасль	Действия
4) Создание новых технологий переработки отходов животноводства	1. Появление на рынке новых уникальных продуктов с улучшенными свойствами; 2. Возможность для дифференциации и выхода в премиум-сегмент; 3. Снижение зависимости от импортных химикатов.	1. Создание национальной коллекции биотехнологий; 2. Организация R&D консорциума с научными институтами; 3. Разработка программы технологического развития.
5) Разработка биоразлагаемых удобрений и пестицидов	1. Появление продуктов для конкретных целевых аудиторий; 2. Рост маржинальности в сегменте специализированной продукции; 3. Повышение требований к доказательной базе полезных свойств.	1. Создание центра компетенций по функциональным продуктам; 2. Разработка отраслевых стандартов для специализированной продукции; 3. Организация образовательных программ для технологов.

Приложение Г

Таблица 5 – Матрица возможностей [составлено авторами]

		степень воздействия		
		сильное	среднее	слабое
вероятность	высокая	2, 6	4, 9	
	средняя	1, 11	3, 8, 10	7
	низкая	5		

Таблица 6 – Матрица угроз для отрасли [составлено авторами]

		степень воздействия		
		сильное	среднее	слабое
вероятность	высокая	4, 8	1, 7	
	средняя	5, 10	3, 9	
	низкая	6	2	