

УДК 330.35:63

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Л.Ф. Ситдикова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет», Казань, email: sitdikovalandysh@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена комплексной оценке экологической устойчивости сельских территорий Республики Татарстан. Исследование базируется на анализе данных официальной статистики, государственных докладов и научных публикаций за период 2014–2024 гг. В работе системно проанализированы ключевые компоненты экологической системы: качество атмосферного воздуха, баланс парниковых газов, состояние земельных ресурсов и биологического разнообразия. Выявлена диспропорция в динамике производственных и экологических показателей, свидетельствующая о снижении удельной нагрузки на атмосферный воздух на единицу произведенной продукции. Установлена положительная тенденция сокращения углеродного следа на 57,2% за десятилетие, во многом обусловленная мерами по лесовосстановлению. Одновременно констатируются системные деградационные процессы в почвенном покрове, выражающиеся в дегумификации и закислении пахотных земель. При этом биоразнообразие сельских территорий сохраняет относительную стабильность. Сделан вывод о необходимости перехода к адаптивно-ландшафтным системам земледелия и дифференцированному природоохранному регулированию для достижения подлинной экологической устойчивости.

Ключевые слова: экологическая устойчивость, сельские территории, парниковые газы, углеродный след, земельные ресурсы, биоразнообразие, адаптивно-ландшафтные системы земледелия, природоохранное регулирование.

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF AGROECONOMIC SYSTEMS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

L.F. Sitdikova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kazan State Agrarian University", Kazan, email: sitdikovalandysh@mail.ru.

Abstract. The article is devoted to a comprehensive assessment of the ecological sustainability of rural territories in the Republic of Tatarstan. The research is based on an analysis of official statistics, state reports, and scientific publications for the period 2014–2024. The study provides a systematic analysis of key components of the ecological system: air quality, greenhouse gas balance, the state of land resources, and biological diversity. A disparity in the dynamics of production and environmental indicators was revealed, indicating a reduction in the specific load on atmospheric air per unit of produced output. A positive trend of a 57.2% reduction in the carbon footprint over the decade was established, largely due to afforestation measures. Simultaneously, systemic degradation processes in the soil cover were noted, expressed in the dehumification and acidification of arable lands. At the same time, the biodiversity of rural territories maintains relative stability. The conclusion is made about the necessity of transitioning to adaptive landscape farming systems and differentiated environmental regulation to achieve genuine ecological sustainability.

Keywords: environmental sustainability, rural areas, greenhouse gases, carbon footprint, land resources, biodiversity, adaptive landscape farming systems, environmental regulation.

Дата поступления статьи в редакцию: 07.10.2025

Дата принятия статьи в печать: 06.11.2025

Введение

Важнейшим императивом современного этапа развития аграрно-ориентированных регионов является формирование научно обоснованной стратегии устойчивого развития сельских территорий, что детерминировано необходимостью достижения баланса между экономической эффективностью, социальным благополучием и экологической стабильностью. Решение этой многокомпонентной задачи объективно требует проведения всесторонней и объективной диагностики исходного состояния природно-экологического потенциала, который выступает не только ресурсной базой, но и фундаментальным ограничивающим фактором долгосрочного роста. В данном контексте Республика Татарстан представ-

ляет собой репрезентативный объект для исследования, являясь одним из ведущих аграрно-промышленных регионов Российской Федерации, в траектории развития которого аккумулирован комплекс как типичных, так и специфических экологических вызовов. Эти вызовы обусловлены, прежде всего, интенсивной эксплуатацией природных ресурсов, характерной для регионов с диверсифицированной экономикой, где аграрный сектор сохраняет высокую значимость наряду с развитым промышленным комплексом [1-3].

Экологическая ситуация в сельской местности республики характеризуется выраженной дуалистичностью, порождающей системное противоречие. Аграрный сектор продолжает выполнять функцию структурного каркаса экономики многих муниципальных образований, обеспечивая занятость и формируя значительную долю валового регионального продукта. Однако эта экономическая функция сопряжена с созданием существенной антропогенной нагрузки на агроландшафты, проявляющейся в процессах деградации земель, химизации окружающей среды и трансформации естественных экосистем. В то же время, именно сельские территории выполняют важную экологическую функцию, выступая ареалом сохранения значительной доли биоразнообразия региона, аккумулятором его водных и лесных ресурсов, а также буферной зоной, смягчающей воздействие промышленных кластеров. Таким образом, формируется устойчивый конфликт между объективной экономической необходимостью дальнейшей интенсификации сельскохозяйственного производства для обеспечения продовольственной безопасности и доходности отрасли и экологическими императивами, требующими сохранения и воспроизводства природного капитала как невозобновляемого основания долгосрочной устойчивости. В рамках парадигмы устойчивого развития агроэкономических систем данное противоречие приобретает первостепенное значение. Его разрешение лежит не в поиске компромисса, предполагающего ослабление одной из составляющих, а в переходе к интегративной модели, основанной на принципах «зеленой» экономики и адаптивного управления. Это предполагает трансформацию агропромышленного комплекса в направлении повышения его ресурсоэффективности и экологической устойчивости, когда экономический рост достигается не за счет увеличения давления на природные системы, а благодаря внедрению инновационных, замкнутых технологий, адаптивно-ландшафтных систем земледелия и механизмов экосистемных услуг. Следовательно, комплексная оценка современного экологического состояния сельских территорий, выявление точек напряженности и потенциала для экологизации становятся не просто элементом научного исследования, а необходимым диагностическим этапом для проектирования такой стратегии развития, которая обеспечит конкурентоспособность аграрной экономики при одновременном сохранении и приумножении ее природно-ресурсного фундамента для будущих поколений.

Цель исследования

Цель исследования — выявление основных тенденций, структурных проблемных зон в экологической обстановке сельских территорий Республики Татарстан для создания контекста последующей разработки механизмов обеспечения экологической устойчивости агроэкономических систем.

Материал и методы исследования

Методологической основой работы выступил системный подход, учитывающий взаимосвязанные компоненты экологической системы. В качестве информационной базы использованы данные официальной государственной статистики, материалы ежегодных государственных докладов о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Татарстан, а также результаты научных публикаций и ведомственных отчетов. Такой комплексный набор источников обеспечил репрезентативность анализа и позволил выявить не только абсолютные значения ключевых индикаторов, но и их динамику за десятилетний период (2014–2024 гг.). Анализ был сконцентрирован на приоритетных направлениях оценки экологической устойчивости: состояние земельных ресурсов и атмосферного воздуха, баланс парниковых газов, а также сохранность биологического разнообразия. Для оценки устойчивости развития аграрного сектора применялся метод сопоставления темпов роста объемов сельскохозяйственного производства и объемов выбросов загрязняющих веществ, что позволило оценить экоемкость производства и эффективность внедряемых природоохранных технологий.

Результаты исследования

Качество атмосферного воздуха признается одним из важнейших индикаторов экологической устойчивости региона. Согласно данным официального мониторинга, основная нагрузка на атмосферу обусловлена деятельностью предприятий промышленного сектора. Структура выбросов демонстрирует явное

доминирование топливной промышленности, на долю которой в среднем приходится 32,68% от общего объема эмиссии. Существенно меньший, но также значительный вклад вносят теплоэнергетика (13,83%) и химическая с нефтехимической промышленностью (9,92%). Совокупная доля этих трех отраслей стабильно превышает 55%, что подтверждает их статус основных источников антропогенного воздействия. Вклад аграрного сектора в валовой объем выбросов оценивается как незначительный, составляя около 3% (2,96% в 2024 году), что в абсолютном выражении эквивалентно 9,44 тыс. тонн [4-6]. Таким образом, сельское хозяйство не входит в число ведущих источников загрязнения атмосферы, существенно уступая промышленным отраслям. Стабильность долевого показателя агросектора на фоне некоторых колебаний абсолютных значений, вероятно, связанных с изменчивостью метеоусловий, поголовья скота и посевных площадей, свидетельствует об отсутствии резкого роста эмиссии в данном сегменте.

В контексте обеспечения долгосрочной устойчивости агроэкономических систем оценка экологического воздействия аграрного сектора требует комплексного подхода, выходящего за рамки анализа валовых показателей. Хотя массовая доля выбросов сельского хозяйства в общем объеме загрязнений атмосферы остается незначительной, качественная специфика данных эмиссий формирует системные риски для экологического баланса территорий. В отличие от промышленных выбросов, структура агрогенных эмиссий характеризуется наличием высокоспецифичных загрязнителей, включая аммиак, образующийся в процессе животноводческой деятельности, пестицидные аэрозоли, применяемые в растениеводстве, и метан, продуцируемый в результате энтерной ферментации сельскохозяйственных животных. Экологическая значимость указанных веществ определяется их выраженным парниковым потенциалом, способностью к трансформации в первичные и вторичные аэрозоли, а также кумулятивным воздействием на локальные экосистемы и здоровье населения. Особую озабоченность с позиции устойчивости вызывает их способность к синергетическому эффекту при взаимодействии с промышленными выбросами, что потенцирует риски деградации природных комплексов в сельской местности. Данный аспект приобретает стратегическое значение при разработке климатической политики и оценке углеродного следа агропродовольственных систем, поскольку традиционные агрегированные показатели массы выбросов не отражают реальной экологической опасности указанных специфических загрязнителей [7-9]. Следовательно, устойчивое развитие аграрного сектора требует внедрения дифференцированной системы экологического регулирования, учитывающей не только объемы, но и качественный состав эмиссий. Это предполагает переход к комплексному нормированию, основанному на оценке совокупного воздействия всех категорий загрязняющих веществ, включая высоколетучие соединения и супертоксиканты. Необходимым условием повышения экологической эффективности агроэкономических систем является внедрение наилучших доступных технологий, направленных не только на сокращение валовых выбросов, но и на трансформацию их качественного состава. Приоритетными направлениями должны стать модернизация систем содержания скота, оптимизация применения средств химизации и внедрение метанредуцирующих технологий в животноводстве, что в совокупности позволит минимизировать специфическую эмиссионную нагрузку и обеспечить долгосрочную устойчивость сельских территорий. Критически важным инструментом для оценки устойчивости развития аграрного сектора выступает анализ соотношения динамики объемов производства сельскохозяйственной продукции и объемов эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу. Сопоставление этих показателей позволяет непосредственно оценить взаимосвязь между экономическим ростом и экологической нагрузкой. Такой анализ дает возможность определить, достигается ли прирост производства за счет интенсификации негативного воздействия на окружающую среду или же он обеспечивается благодаря внедрению ресурсосберегающих и природоохранных технологий, снижающих удельную экоемкость продукции.

С позиции устойчивости агроэкономических систем решающее значение имеет анализ взаимосвязи между производственной динамикой и экологической нагрузкой. Исследование корреляции индексов физического объема сельскохозяйственного производства и объемов атмосферных выбросов в Республике Татарстан за 2014-2024 гг., приведённых на рисунке 1, выявляет прогрессирующую дивергенцию этих показателей. наблюдается устойчивая тенденция опережающего роста производственных объемов относительно эмиссии загрязняющих веществ, что свидетельствует о снижении удельной экологической нагрузки на единицу продукции и отражает переход к ресурсоэффективной модели развития аграрного сектора.

Наиболее репрезентативными являются периоды 2016 и 2022 годов, когда рост производства на 2,7% и 33,5% соответственно сопровождался непропорционально низким увеличением (сокращением на 16,8%) или умеренным ростом (на 10,9%) выбросов, что указывает на существенное снижение экоемкости производства. Показательной также является реакция отрасли на кризисные явления: в 2021

году сокращение производства на 19,1% сопровождалось более значительным уменьшением выбросов (на 42,5%), что демонстрирует целенаправленный характер экологизации даже в неблагоприятных экономических условиях.

Отдельные периоды (2015, 2018 гг.) характеризуются аномальным увеличением выбросов, опережающим производственную динамику, что может быть связано с интенсификацией землепользования, изменением структуры сектора или применением устаревших технологий. Однако доминирующий тренд подтверждает устойчивую тенденцию к относительному разукрупнению аграрного производства, достигнутую за счет модернизации техники, внедрения точного земледелия и оптимизации применения агрохимикатов.

Структура парниковых выбросов аграрного сектора характеризуется доминированием эмиссии от обрабатываемых почв, доля которой достигла 70,53% в 2023 году. Компенсация углеродного следа обеспечивается развитой системой секвестрации, где лесные экосистемы играют ключевую роль, поглощая 60,83% общего объема парниковых газов. Реализация мероприятий по лесовосстановлению на площади 4,9 тыс. га в 2024 году подтверждает целенаправленный характер климатической политики региона, направленной на формирование сбалансированной агроэкологической системы, сочетающей продуктивность с экологической устойчивостью.



Рис. 1. Сопоставление темпов роста производства продукции и эмиссии загрязняющих веществ в аграрном секторе Республики Татарстан (2014–2024 гг.)

Источник: составлен автором по [10].

Анализ динамики баланса эмиссии и секвестрации парниковых газов в Республике Татарстан за период 2014–2023 гг., приведенный на рисунке 2, демонстрирует устойчивую позитивную тенденцию, выражающуюся в сокращении чистого негативного воздействия на климатическую систему на 57,2% — с 31,8 млн т СО₂-экв. до 23,0 млн т СО₂-экв. Достигнутый прогресс обусловлен реализацией комплекса согласованных природоохранных мероприятий, включающих последовательное сокращение валовых выбросов на 10,6% при одновременном наращивании объемов поглощения на 14,1% за десятилетний период. Ключевыми факторами повышения поглотительной способности экосистем выступили планомерное лесовосстановление и оптимизация землепользования. Несмотря на наблюдаемый рост эмиссии в постпандемический период (2021–2023 гг.), обусловленный восстановлением экономической активности, сохраняющаяся общая тенденция свидетельствует о постепенном переходе к модели экономического развития, сочетающейся со снижением углеродоемкости и увеличением емкости природных экосистем.

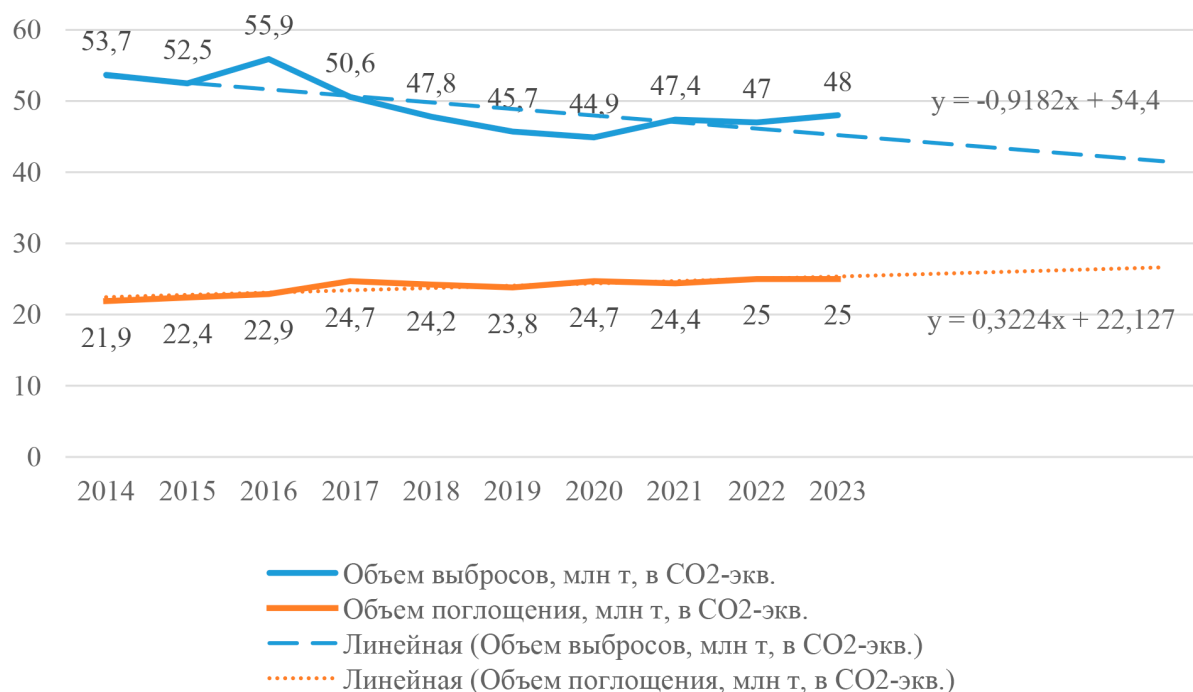


Рис. 2. Тренды эмиссии и поглощения парниковых газов в Республике Татарстан за 2014–2023 годы

Источник: составлен автором по [10].

Для обеспечения долгосрочной устойчивости агроэкономических систем особое значение приобретает сохранение земельных ресурсов, выполняющих двойственную функцию — основного средства производства и критически важного компонента природного капитала. Интенсивная эксплуатация почвенного покрова создает риски деградации и снижения природно-экономического потенциала аграрного сектора. Интегральным индикатором состояния почвенного плодородия выступает содержание гумуса, динамика которого в пахотных почвах Республики Татарстан вызывает серьезную озабоченность. После продолжительного периода стабилизации на уровне 4,6%, наблюдаемого до 2000-х годов, к началу 2025 года зафиксировано снижение показателя до 4,5%. Основной причиной негативной динамики является критическое сокращение объемов внесения органических удобрений, обусловленное технологическим отставанием в оснащенности значительной части сельхозпроизводителей. Если исторически сложившаяся норма внесения достигала 5,0 т/га, то на протяжении 2014–2024 гг. данный показатель сохранялся на недостаточном уровне — от 1,4 т/га до 1,58 т/га, что не обеспечивает воспроизводство почвенного плодородия и создает угрозу долгосрочной продуктивности агроэкосистем.

Высокая сельскохозяйственная освоенность территории республики, достигающая 68,1%, в сочетании с экстенсивной распаханностью угодий (76%) создает повышенную нагрузку на почвенный покров, потенцируя риски его деградации. Несмотря на благоприятную структуру земельного фонда, характеризующуюся значительной долей высокопродуктивных черноземов (40%) и серых лесных почв (40%), среднее содержание гумуса не превышает 4,5%, а нормативная урожайность остается на низком уровне — 15 ц/га. Данное противоречие указывает на наличие значительных резервов повышения продуктивности агроценозов через целенаправленное улучшение агрохимического состояния почв. Таким образом, наряду с задачами снижения атмосферных выбросов, приоритетным направлением экологической политики должно стать сохранение и повышение качества почвенных ресурсов, что непосредственно определяет не только параметры продовольственной безопасности, но и способность агроландшафтов выполнять функцию депонирования углерода.

Проведенный сравнительный анализ агрохимических показателей почвенного покрова муниципальных образований Республики Татарстан за десятилетний период (2014–2024 гг.) свидетельствует о формировании устойчивых деградационных тенденций, создающих угрозу экологической устойчивости аграрного сектора. Статистические данные выявляют два взаимосвязанных процесса системного характера: прогрессирующую дегумификацию и повсеместное закисление пахотных земель. На общереспубли-

канском уровне зафиксировано снижение средневзвешенного содержания гумуса с 4,6% до 4,5%, при этом пространственная дифференциация демонстрирует значительно более существенное ухудшение показателей в регионах с изначально высоким плодородием. Наиболее выраженная негативная динамика (снижение на 0,6–1,2 процентных пункта) характерна для муниципальных образований, специализирующихся на интенсивном земледелии, где наблюдается значительный дисбаланс между выносом питательных веществ и их восполнением. Одновременно с процессами дегумификации отмечается расширение масштабов почвенного закисления – удельный вес кислых почв увеличился с 42,1% до 43,3%. Особую тревогу вызывает группа территорий, где доля кислых почв возросла на 10 и более процентных пунктов, что свидетельствует о критическом ухудшении агрохимических параметров. Локальные случаи улучшения показателей кислотности, наблюдаемые в ограниченном числе муниципалитетов, подтверждают эффективность целенаправленных мелиоративных мероприятий, в частности известкования.

Полученные результаты позволяют констатировать системный характер деградационных процессов в почвенном покрове республики. Сочетание потерь органического вещества и прогрессирующего закисления создает комплексную угрозу долгосрочной продуктивности агроэкосистем и требует пересмотра существующей системы землепользования. Приоритетными направлениями корректировки агроэкологической политики должны стать внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия, интенсификация применения органических удобрений и реализация дифференцированных программ химической мелиорации с учетом специфики муниципальных образований.

Интегральная оценка экологической устойчивости Республики Татарстан должна учитывать значительную антропогенную нагрузку, обусловленную комплексным развитием промышленного, энергетического и аграрного секторов. Длительная эксплуатация природных ресурсов инициировала трансформационные процессы в природных комплексах, включая фрагментацию местообитаний вследствие расширения инфраструктурных объектов, трансформацию коренных лесных формаций в производные сообщества, а также модификацию гидрологического режима и загрязнение компонентов окружающей среды. Указанные факторы способствуют структурному упрощению биоценозов и снижению их восстановительного потенциала.

В данном контексте сельские территории приобретают статус стратегических резерватов биоразнообразия и приоритетных объектов природоохранной политики. Сохранение элементов естественных и полуестественных экосистем в агроландшафтах обеспечивает поддержание экологического каркаса региона и формирует ресурсную основу для устойчивого развития. Мониторинговые данные за 2014–2024 гг. подтверждают относительную стабильность таксономического богатства флоры и фауны на территории муниципальных образований, что свидетельствует о сохранении репродуктивного потенциала видов и выполнении сельскими территориями функций экологических рефугиумов.

Данная устойчивость биотических компонентов, наблюдаемая в условиях интенсивного антропогенного прессинга, отражает сбалансированность существующей системы природопользования. Однако для консервации положительной динамики требуется реализация превентивных мер, включающих оптимизацию территориального планирования для снижения фрагментации местообитаний, интеграцию элементов природоохранного каркаса в агроландшафты и развитие репрезентативной сети особо охраняемых природных территорий. Эти направления являются определяющими для обеспечения долговременной экологической устойчивости региона в условиях совмещения хозяйственного использования и сохранения биологического разнообразия.

Выводы

Проведенный анализ позволил выявить сочетание позитивных тенденций и системных проблем. К положительным аспектам относится стабилизация биоразнообразия, демонстрирующая отсутствие негативной динамики в видовом богатстве флоры и фауны на территориях всех муниципальных районов за период 2014–2024 гг. Выявлена тенденция к повышению экологической эффективности аграрного сектора, выраженная в опережающем росте объемов производства сельскохозяйственной продукции по сравнению с ростом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что свидетельствует о снижении удельной нагрузки на окружающую среду и переходе к более ресурсоэффективной модели. Наблюдается положительная динамика в снижении углеродного следа региона: балансовое значение выбросов парниковых газов сократилось на 57,2% за период 2014–2023 гг., во многом благодаря планомерному лесовосстановлению. Вместе с тем, выявлены тревожные тенденции системной деградации почвенного покрова, проявляющиеся в дегумификации (снижении содержания гумуса с 4,6% до 4,5% на общереспубликанском уровне) и прогрессирующем закислении пахотных земель (увеличение доли кислых почв с 42,1%

до 43,3%). Это создает прямую угрозу долгосрочной продуктивности и продовольственной безопасности, указывая на истощение ресурса экстенсивной модели землепользования. Таким образом, текущая модель агроразвития демонстрирует краткосрочную устойчивость по производственно-экономическим параметрам, но несет в себе долгосрочные риски для экологического компонента. Для перехода к подлинной устойчивости необходим сфокусированный подход на дифференцированном природоохранном регулировании с учетом специфики муниципальных образований и принятии исчерпывающих мер по восстановлению почвенного плодородия как фундаментальной основы экологической и продовольственной безопасности региона.

Благодарности

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан».

Литература

1. Петриков А.В. Стратегические направления совершенствования аграрной политики России в условиях санкционного давления // Научные труды Вольного экономического общества России. 2022. Т. 235, № 3. С. 122-133.
2. Файзрахманов Д.И. Проблемы адаптации сельскохозяйственных организаций Республики Татарстан к условиям ВТО // Зерновое хозяйство России. 2014. № 2. С. 64-68.
3. Гайнутдинов И.Г., Авхадиев Ф.Н., Хисматуллин М.М. и др. Роль и значение сельского хозяйства в обеспечении экономической и социальной стабильности общества (на примере Республики Татарстан) // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 3 (75). С. 93-104.
4. Ситдикова Л.Ф., Мухаметгалиев Ф.Н., Валиев А.Р. и др. Проблемные направления ресурсного обеспечения устойчивого развития агроэкономических систем // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 1 (69). С. 155-161.
5. Голубев А.В., Голубева А.А. Современные вызовы сельского хозяйства России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2021. Т. 229, № 3. С. 196-209.
6. Ситдикова Л.Ф., Гайнутдинов И.Г., Файзрахманов Д.И., Мухаметгалиев Ф.Н. Развитие социальной инфраструктуры села и его влияние на экономические показатели аграрного производства // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10, № 3 (37). С. 46-51.
7. Хафизов Д.Ф., Валиев А.Р., Мингазов А.И. и др. Развитие материально-технической базы агропромышленного комплекса в условиях внешнеэкономических санкций // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 4 (72). С. 170-177.
8. Мухаметгалиев Ф.Н., Валиев А.Р., Ситдикова Л.Ф. и др. Основные тренды роста регионального сельского хозяйства: от объемов к устойчивости // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 1(73). С. 117-123.
9. Справочник специалиста агропромышленного комплекса. 2-е издание, дополненное и переработанное. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2025. 687 с.
10. О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2024 году: государственный доклад / Правительство Республики Татарстан. Казань, 2025. 300 с.