

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/28>

УДК 630\* 631.95:630.2

## Циркулярное агролесоводство как основа трансформации агроэкосистем Краснодарского края

Мария В. Терёшина<sup>1</sup>, [mwstepanova@mail.ru](mailto:mwstepanova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8982-5831>

Елена А. Яковлева<sup>2</sup>, [elena-12-27@mail.ru](mailto:elena-12-27@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9697-8024>

Наталья В. Яковенко<sup>2</sup>, [n.v.yakovenko71@gmail.com](mailto:n.v.yakovenko71@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

<sup>1</sup>Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, д. 149, Краснодар, 350040, Российская Федерация

<sup>2</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф.Морозова, ул. Тимирязева, д. 8, Воронеж, 394087, Российская Федерация

В статье обоснована концепция циркулярного агролесоводства как практического инструмента для проектирования устойчивых агроэкосистем, основанных на принципах замкнутых циклов вещества и энергии. Цель исследования заключалась в комплексной оценке потенциала внедрения данной модели в агроэкосистемах Краснодарского края и разработке научно обоснованной схемы трансформации традиционных сельскохозяйственных систем. Методология исследования включала системный анализ научных источников, нормативно-правовой базы и статистических данных, а также сравнительную оценку эффективности различных систем землепользования. На основе детального анализа природно-климатических, экологических и социально-экономических условий региона была разработана дифференцированная система циркулярных агролесоводческих решений для ключевых природных зон Краснодарского края. Результаты исследования демонстрируют, что циркулярное агролесоводство, в отличие от традиционного, обеспечивает синергический эффект за счет многофункциональности, повышенной устойчивости к климатическим стрессам и способности к саморегуляции. Предложена поэтапная схема перехода, включающая анализ текущих условий, планирование, практическую реализацию пилотных проектов и последующее масштабирование. Для каждой зоны (Черноморское побережье, предгорья, равнинная часть, Приазовье и урбанизированные территории) разработаны специфические решения, направленные на регенерацию почв, минимизацию отходов, рациональное водопользование и интеграцию возобновляемых источников энергии.

Делается вывод о том, что внедрение циркулярного агролесоводства представляет собой стратегически важное направление для трансформации агропромышленного комплекса Краснодарского края в сторону ресурсоэффективности, экологической стабильности и социально-экономической устойчивости. Успешная реализация данной модели требует разработки адекватной нормативной базы, экономических стимулов и консолидации усилий государства, бизнеса и местных сообществ.

**Ключевые слова:** циркулярная экономика, Краснодарский край, агролесоводство, устойчивое развитие, биоразнообразие, ресурсосбережение.

**Финансирование:** Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ и КНФ в рамках конкурса 2024 г. «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (региональный конкурс), 24-18-20049 «Региональная система экономики замкнутого цикла: институциональные модели и технологии развития (на примере Краснодарского края)»; <https://rscf.ru/project/24-18-20049/>.

**Благодарности:** авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Терёшина М.В. Циркулярное агролесоводство как основа трансформации агроэкосистем Краснодарского края / М.В. Терёшина, Е.А. Яковлева, Н.В. Яковенко // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т.15. – №. 4 (60). – С. 473-492. – Библиогр.: с. 488-492 (31 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/28>.

Поступила 12.06.2025. Пересмотрена 15.09.2025. Принята 30.11.2025. Опубликовано онлайн 26.12.2025.

Article

### **Circular agroforestry as a basis for transformation of agroecosystems of Krasnodar Region**

**Maria V. Tereshina**<sup>1</sup>, [mwstepanova@mail.ru](mailto:mwstepanova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8982-5831>

**Elena A. Yakovleva**<sup>2</sup>, [elena-12-27@mail.ru](mailto:elena-12-27@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9697-8024>

**Nataliya V. Yakovenko**<sup>2</sup>, [n.v.yakovenko71@gmail.com](mailto:n.v.yakovenko71@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

<sup>1</sup>*Kuban State University, 149 Stavropol Street, Krasnodar, 350040, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation*

#### **Abstract**

The article substantiates the concept of circular agroforestry as a practical tool for designing sustainable agroecosystems based on the principles of closed cycles of matter and energy. The aim of the study was a comprehensive assessment of the potential for implementing this model in the agroecosystems of the Krasnodar Region and the development of a scientifically based scheme for transforming traditional agricultural systems. The research methodology included a systematic analysis of scientific sources, regulatory frameworks and statistical data, as well as a comparative assessment of the effectiveness of various land use systems. Based on a detailed analysis of the natural, climatic, environmental and socio-economic conditions of the region, a differentiated system of circular agroforestry solutions for the key natural zones of the Krasnodar Region was developed. The results of the study demonstrate that circular agroforestry, unlike traditional methods, provides a synergistic effect due to its multifunctionality, increased resilience to climatic stresses and self-regulating capacity. A step-by-step transition scheme has been proposed, including an analysis of current conditions, planning, practical implementation of pilot projects and subsequent scaling. For each zone (Black Sea coast, foothills, lowland areas, Priazovye and urbanized territories), specific solutions have been developed aimed at soil regeneration, waste minimization, rational water use and the integration of renewable energy sources. It is concluded that the introduction of circular agroforestry is a strategically important direction for the transformation of the agro-industrial complex of the Krasnodar Region towards resource efficiency, environmental stability and socio-economic sustainability. The successful implementation of this model requires the development of an adequate regulatory framework, economic incentives and the consolidation of efforts by the state, businesses and local communities.

**Keywords:** circular economy, Krasnodar Region, agroforestry, sustainable development, biodiversity, resource conservation.

**Financing:** The research is carried out with the financial support of the Russian Science Foundation and Kuban Science Foundation in the framework of the scientific project 2024 Conducting fundamental scientific research and exploratory scientific research by individual scientific groups” (regional competition), project No. 24-18-20049 “Regional circular economy system: institutional models and development technologies (the case of Krasnodar Krai)”; <https://rscf.ru/project/24-18-20049/>.

**Acknowledgements:** The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of the article.

**Conflict of interest:** The authors stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Tereshina M.V., Yakovleva E.A., Yakovenko N.V. Circular Agroforestry as the Basis for the Transformation of Agroecosystems in the Krasnodar Region. Forestry Engineering journal, Vol. 15, No. 4 (60), pp. 473-492 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/28>.

*Received* 12.06.2025. *Reviewed* 15.09.2025. *Accepted* 30.11.2025. *Published online* 26.12.2025.

### Введение

Циркулярное агролесоводство представляет собой интегративную научную дисциплину и практическую реализацию целенаправленного проектирования и управления устойчивыми агроэкосистемами, которые сочетают древесные многолетники с сельскохозяйственными культурами и/или животными на одной единице площади [1]. Данный подход операционализирует принципы циркулярной экономики, направленные на создание замкнутых циклов вещества и энергии и минимизацию потерь [2].

Теоретической основой циркулярного агролесоводства служит синтез принципов агроэкологии, устойчивого лесоводства и циркулярной экономики, что противопоставляется традиционной линейной модели «взял-произвел-выбросил» [3]. Современные исследования в данной области сместились от описания традиционных практик к количественной оценке взаимодействий между компонентами системы, включая анализ конкурентных отношений, круговорота биогенных элементов и экономической рентабельности [4].

Ключевым атрибутом циркулярных агролесоводческих систем является их многофункциональность и способность к саморегуляции. Системы с высоким уровнем биоразнообразия демонстрируют повышенную устойчивость к болезням, вредителям и климатическим стрессам [5].

Интеграция деревьев способствует более эффективному круговороту питательных веществ, выполняя функцию «биологических насосов», извлекающих элементы питания из глубоких

Несмотря на значительный потенциал, широкомасштабное внедрение циркулярного агролесоводства сталкивается с институциональными и социально-экономическими

почвенных горизонтов [6]. Использование азотфиксирующих видов позволяет существенно сократить применение синтетических удобрений, минимизируя зависимость от ископаемых ресурсов [7].

Внедрение циркулярных агролесоводческих практик оказывает комплексное влияние на социально-экономическое развитие сельских территорий. Исследования показывают, что диверсификация продукции в таких системах снижает экономические риски фермерских хозяйств и повышает их финансовую устойчивость [8]. Комбинирование различных культур и деревьев обеспечивает более стабильное производство продуктов питания в условиях климатической изменчивости [9].

Значительный вклад циркулярного агролесоводства заключается в обеспечении ключевых экосистемных услуг. Мета-анализ глобальных исследований подтверждает значительный потенциал агролесоводческих систем к секвестрации углерода как в древесной биомассе, так и в почве [10].

Обеспечивая специфические экологические ниши, микроклиматическую гетерогенность и структурное разнообразие, эти системы поддерживают значительно большее биоразнообразие по сравнению с монокультурами [11]. Древесный компонент также способствует улучшению гидрологического режима почв, снижая риски эрозии и повышая эффективность использования влаги.

барьерами, включая фрагментированное управление ресурсами, отсутствие целостной нормативно-правовой базы и ограниченный доступ к финансированию.

Перспективы развития связаны с интеграцией агролесоводства в климатическую политику и программы Payments for Ecosystem Services (PES), а также с разработкой прецизионных методов мониторинга продуктивности и экосистемных функций.

Таким образом, циркулярное агролесоводство представляет собой перспективную научную платформу и практический инструмент для трансформации современных агропромышленных систем в направлении устойчивости, ресурсоэффективности и климатической повестке.

Цель исследования заключается в комплексной оценке потенциала внедрения модели циркулярного агролесоводства в агроэкосистемах Краснодарского края и разработке научно обоснованной схемы трансформации традиционных сельскохозяйственных систем в замкнутые многофункциональные комплексы.

### **Материалы и методы**

Исследование базируется на комплексном методологическом подходе, интегрирующем теоретический анализ и эмпирическую оценку. Теоретическую основу составили научные публикации отечественных и зарубежных авторов, исследующие проблемы организации агролесоводческих систем, повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий и сохранения биоразнообразия, а также нормативно-правовые акты, регулирующие сферу землепользования и природоохранной деятельности в Краснодарском крае.

Эмпирическая база сформирована на основе официальной статистической отчетности федеральных и региональных органов власти, данных о состоянии агролесомелиоративных насаждений и материалах, отражающих практический опыт внедрения агролесоводческих моделей в регионе.

В процессе исследования был применен системный анализ научных источников и нормативной базы. Теоретической основой послужили методы оценки продуктивности агроэкосистем, прогнозирования климатических изменений и моделирования агролесоводческих

систем. Эмпирическая проверка гипотез осуществлялась посредством статистического анализа показателей урожайности и динамики почвенного плодородия. Сравнительная оценка эффективности различных систем землепользования дополнена пространственным анализом распределения агролесоводческих ландшафтов и их влияния на экологическое состояние территории.

Такой многоаспектный методологический подход позволил получить репрезентативные результаты и сформулировать научно обоснованные выводы о перспективах развития агролесоводства в условиях Краснодарского края.

### **Результаты и обсуждение**

Концепция агролесоводства, получившая научное оформление в работах John Vene в 1973 году, нашла многогранное практическое подтверждение в различных эколого-географических условиях. Значительный вклад в развитие данной дисциплины внесли фундаментальные исследования P.K.R. Nair, в которых систематизированы накопленные за четыре десятилетия знания о механизмах взаимодействия в системе «древесная растительность – сельскохозяйственные культуры – почва» [12]. В его работах доказана роль агролесоводческих систем в повышении плодородия почв, оптимизации водного режима, сохранении агробиоразнообразия, а также в усилении устойчивости агроэкосистем к климатическим стрессорам и снижении процессов эрозии.

Современный этап развития агролесоводства характеризуется активной интеграцией биотехнологических и цифровых подходов. Как отмечают Jagdish Chander Dagar et al., перспективным направлением является использование достижений генной инженерии и микробиологии для повышения устойчивости древесных компонентов и оптимизации их взаимодействия с культурами [13]. Наряду с этим, актуализируется необходимость применения геоинформационных систем, дистанционного зондирования и прогностического моделирования для мониторинга и планирования развития агролесоводческих ландшафтов. Разработка

высокопродуктивных и адаптивных сортов деревьев, а также внедрение средств механизации и интеллектуальных систем управления на основе больших данных и искусственного интеллекта определяют технологический облик агролесоводства будущего.

Экосистемная и социально-экономическая эффективность агролесоводства получает всестороннее подтверждение. Исследование Castle et al. (2022) демонстрирует его положительное влияние на широкий спектр экосистемных услуг и благосостояние человека в странах с высоким уровнем доходов [14]. Установлено, что комбинирование древесных и сельскохозяйственных компонентов способствует диверсификации источников дохода фермерских хозяйств, улучшает питание и обеспечивает дополнительные ресурсы, что в совокупности ведет к росту экономической стабильности и социального благополучия.

В контексте перехода к устойчивым моделям экономики агролесоводство рассматривается как ключевой элемент циркулярной биоэкономики. Согласно анализу, представленному Trigkas et al., агролесоводческие системы вносят вклад в устойчивое использование природных ресурсов, секвестрацию углерода и повышение биоразнообразия [15]. Интеграция инновационных биотехнологий и методов управления земельными ресурсами позволяет оптимизировать продуктивность таких систем, одновременно

усиливая их экологические функции. Схемы циркулярной биоэкономики, поддерживающие замкнутые циклы использования материалов и энергии, способствуют сокращению отходов и повышению экономической устойчивости сельских территорий.

Проведенный анализ позволяет выделить принципиальные отличия циркулярного агролесоводства от традиционного. Его методологической основой выступают принципы замкнутого цикла использования ресурсов, минимизации потерь и максимизации полезного использования всех компонентов агроэкосистемы [16-18]. Ключевыми характеристиками являются многофункциональность, проявляющаяся в синергическом сочетании средообразующих, продукционных и почвозащитных функций, а также повышенная устойчивость к внешним воздействиям, включая способность к митигации последствий изменения климата.

Замкнутый ресурсный цикл подразумевает возврат органических остатков в почву, компостирование, сокращение потребности во внешних ресурсах. Многофункциональность проявляется в объединении функций защиты почвы, восстановления плодородия, повышения продуктивности и улучшения экологической ситуации. А также следует обратить внимание на высокую устойчивость циркулярного агролесоводства и митигацию последствий изменения климата (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика традиционного и циркулярного агролесоводства  
Table 1. Comparative characteristics of traditional and circular agroforestry

<b>Характеристики / Characteristics</b>	<b>Традиционное агролесоводство / Traditional Agroforestry</b>	<b>Циркулярное агролесоводство / Circular Agroforestry</b>
<b>Основные принципы / Basic Principles</b>	Максимальное получение древесины и материальных ресурсов / Maximum obtainment of timber and material resources Монофункциональная модель, ориентированная на заготовку древесины / Monofunctional model focused on timber harvesting	Ориентация на принципы устойчивого развития и сохранения экосистем / Based on principles of sustainable development and ecosystem conservation / Многофункциональное использование леса (экология, биоразнообразие, рекреация, климат) / Multifunctional forest use considering ecology, biodiversity,

## Природопользование

	<p>Проведение сплошных рубок с последующим восстановлением путем посадок / Clear-cutting and restoration using planting /</p> <p>Рассмотрение леса исключительно с ресурсной точки зрения / Forest is viewed exclusively from a resource perspective</p>	<p>recreation, climate /</p> <p>Минимизация отходов и максимальное повторное использование всех лесных ресурсов / Waste minimization and maximum reuse of all forest resources</p> <p>Рассмотрение леса как циклической системы с замкнутыми потоками веществ / Forest is viewed as a cyclic system with closed substance flows</p>
<p><b>Подход к управлению / Management Approach</b></p>	<p>Линейная модель: выращивание → рубка → переработка → отходы / Linear resource use model: cultivation - logging - processing - waste /</p> <p>Игнорирование экологических последствий вырубki / Ignoring ecological consequences of deforestation /</p> <p>Использование монокультур, снижающее биологическое разнообразие / Use of monocultures reducing biological diversity</p>	<p>Замкнутый цикл: отходы перерабатываются в новые продукты или используются для воспроизводства / Application of closed cycle: waste is recycled into new products or used for reproduction</p> <p>Поддержание биологических и экосистемных функций / Maintenance of biological and ecosystem functions</p> <p>Смешанные насаждения, повышающие устойчивость к болезням и изменению климата / Mixed stands increasing diversity of tree species to enhance resilience to diseases and climate change</p>
<p><b>Экологические аспекты / Ecological Aspects</b></p>	<p>Риск деградации почв, утраты биоразнообразия и эрозии / Possible soil degradation, biodiversity loss, erosion</p> <p>Уязвимость монокультур к вредителям и изменению климата / Monocultures vulnerable to pests and climate change</p> <p>Применение химикатов для борьбы с вредителями и болезнями / Use of chemicals for pest and disease control</p>	<p>Поддержание почвенного плодородия, качества воды и воздушного баланса / Maintenance of soil fertility, water quality and air balance</p> <p>Способствование сохранению и восстановлению экосистемных функций / Contributes to preservation and restoration of ecosystem functions</p> <p>Основывается на экологически безопасных методах и натуральных процессах / Based on environmentally safe methods and natural processes</p>
<p><b>Социально-экономические аспекты / Socio-Economic Aspects</b></p>	<p>Продажа древесины и лесоматериалов как основной источник дохода / Sale of timber and wood materials as main income source /</p> <p>Недостаточное развитие экологического образования и просвещения / Insufficient development of environmental education and awareness</p>	<p>Вовлеченность местных сообществ, развитие экологического туризма / Involvement of local communities, development of ecotourism /</p> <p>Создание новых рабочих мест в сфере переработки отходов и экологического мониторинга / Creation of new jobs in waste collection, processing and environmental monitoring</p>

		/ Повышение уровня социальной ответственности и экологической культуры / Increased level of social responsibility and environmental culture
--	--	---

По нашему мнению, традиционное лесоводство более узконаправлено на получение экономической выгоды, извлекаемой при коммерческой эксплуатации лесных ресурсов, предусматривающей заготовку древесины без должного внимания к долгосрочным последствиям для экосистемы. Предпочтение отдается быстрорастущим хвойным деревьям, которые обеспечивают высокую доходность, однако снижают биоразнообразие и делают экосистему уязвимой перед болезнями и насекомыми-вредителями. Традиционная практика зачастую игнорирует или недооценивает последствия массового изъятия древесины для экосистемы, включая потерю биоразнообразия, ухудшение качества почвы, нарушение водного баланса и изменение микроклимата. Применение циркулярного подхода в лесоводстве позволяет учитывать цикличность природных процессов, сохранение биоразнообразия и социальные интересы. Предлагается максимально полно использовать все компоненты лесной экосистемы, а именно древесина подвергается глубокой комплексной переработке, отходы используются для получения биогаза, компоста, строительных материалов и другой продукции, что повышает эффективность использования ресурсов. Кроме того, современные методы агролесоводства включают борьбу с пожарами, охрану редких видов флоры и фауны, восстановление деградированных земель и повышение качества воздуха и воды [19-21].

Таким образом, переход от традиционного лесоводства к циркулярному агролесоводству обеспечивает сбалансированное сочетание экономического роста, охраны природы и социальной ответственности, что особенно

актуально в условиях глобального изменения климата и нарастающего дефицита природных ресурсов [21-23].

Для успешной реализации циркулярного агролесоводства необходимо объединить следующие элементы [24-29]:

1. Агролесоводческая система, включающая выращивание деревьев и кустарников с целью защиты почвы, снижения эрозии, накопления органического вещества и улучшения микроклимата, а также сельскохозяйственных культур.

2. Система компостирования и переработки растительных остатков, соломы, листьев и других органических материалов в удобрение, возвращаемое в почву. Вермикомпостирование предусматривает использование червей для ускоренного разложения органических отходов и создания высококачественного компоста.

3. Эффективное использование водных ресурсов, предусматривающее минимизацию расхода воды путем точечного полива корневой зоны растений, установку резервуаров для сбора и хранения дождевых осадков, использование дренажных систем.

4. Эффективная электроэнергетика и возобновляемые источники энергии посредством использования солнечных панелей, ветрогенераторов и биогазовых установок для выработки электроэнергии и тепла, переработке органических отходов в газ и жидкое удобрение.

5. Природоохранные мероприятия, включающие посадку деревьев вдоль границ полей и дорог для защиты от ветра и пыли, восстановление деградированных земель путем высадки деревьев и многолетних трав.

Сравнительная характеристика отличительных особенностей традиционного и циркулярного агролесоводства

Table 2

Comparative characteristics of distinctive features of traditional and circular forestry

Характеристики	Традиционное агролесоводство	Циркулярное агролесоводство
Основные принципы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- максимальное получение древесины и материальных ресурсов;</li> <li>- монофункциональная модель, ориентированная на заготовку древесины;</li> <li>- резкие рубки и восстановление с применением посадок;</li> <li>- лес рассматривается исключительно с ресурсной точки зрения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- опирается на принципы устойчивого развития и сохранения экосистем;</li> <li>- многофункциональное использование леса, с учетом таких аспектов, как экология, биоразнообразие, рекреация, климат;</li> <li>- минимизация отходов и максимальное повторное использование всех лесных ресурсов;</li> <li>- лес рассматривается как циклическая система с замкнутыми потоками веществ</li> </ul>
Подход к управлению лесами	<ul style="list-style-type: none"> <li>- линейная модель использования ресурсов: выращивание-рубка-переработка-отходы;</li> <li>- игнорирование экологических последствий вырубki лесов;</li> <li>- использует монокультуры, что снижает биологическое разнообразие</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применение замкнутого цикла: отходы перерабатываются в новые продукты или используются для воспроизводства;</li> <li>- поддержание биологических и экосистемных функций;</li> <li>- смешанные насаждения, увеличение разнообразия древесных видов для повышения устойчивости к болезням и изменению климата</li> </ul>
Экологические аспекты	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не исключены деградация почв, утрата биоразнообразия, эрозии;</li> <li>- монокультуры уязвимы к вредителям и изменению климата;</li> <li>- применение химикатов для борьбы с вредителями и болезнями</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- поддержание почвенного плодородия, качества воды и воздушного баланса;</li> <li>- способствует сохранению и восстановлению экосистемных функций;</li> <li>- основывается на экологически безопасных методах и натуральных процессах</li> </ul>
Социально-экономические аспекты	<ul style="list-style-type: none"> <li>- продажа древесины и лесоматериалов выступает основным источником дохода;</li> <li>- недостаточное развитие экологического образования и просвещения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- включенность местных сообществ, развитие экологического туризма;</li> <li>- создание новых рабочих мест в сборе, переработке отходов и экологическом мониторинге;</li> <li>- повышение уровня социальной ответственности и экологической культуры</li> </ul>

В Краснодарском крае практика циркулярного агролесоводства приобретает особое значение в связи с высокой лесообеспеченностью и экономической ролью лесов. Площадь Краснодарского края составляет 7548,5 тыс. га. Из этого общего объема, земли сельскохозяйственного назначения занимают 4680,8 тыс. га, что означает, что более половины территории края используется

для сельскохозяйственных нужд [30]. Структура земельного фонда Краснодарского края по состоянию на 01.01.2025 г. представлена на рис.1.

Площадь земель сельскохозяйственного назначения в 2024 г. по сравнению с 2023 г. не изменилась. Земли населенных пунктов увеличились на 6,2 тыс. га за счет изменения границ

## Природопользование

и включения земель сельхоз назначения и промышленности. Земли промышленности, транспорта, связи и иного назначения увеличились на 0,1 тыс. га из-за перевода земель из категорий сельхоз назначения и населенных пунктов. Земли особо охраняемых территорий и объектов уменьшились в связи с увлечением земель населённых пунктов. Земли лесного фонда

уменьшились на 2,7 тыс. га, что произошло за счет перевода земель в категорию земель населенных пунктов и земель особо охраняемых территорий. Земли водного фонда уменьшились на 0,4 тыс. га, так как часть была переведена в сельскохозяйственные земли. Земли запаса сократились на 0,2 тыс. га из-за перевода в земли населенных пунктов [31].

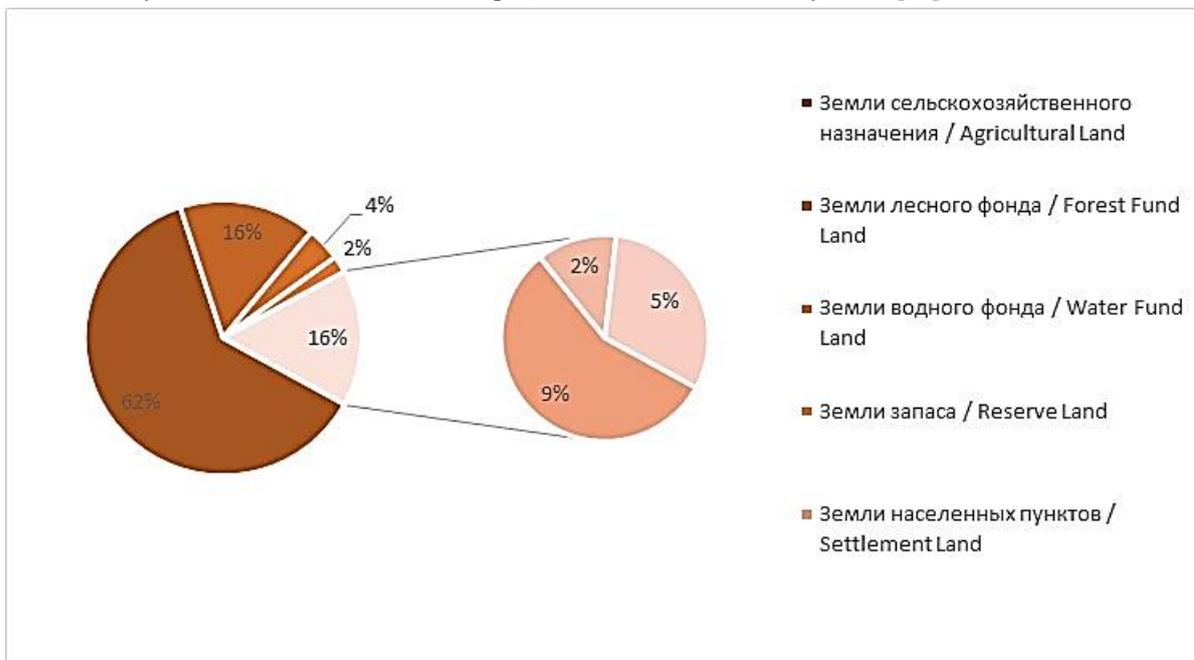


Рисунок 1. Структура земельного фонда Краснодарского края

Figure 1. The structure of the Krasnodar Region's land fund

Источник: собственная композиция авторов

Source: the authors' own composition

Леса Краснодарского края включают широколиственные и хвойные породы, характерные для влажного субтропического климата. Общая площадь лесов -1698,0 тыс. га. Из них по категориям земель [30]:

- леса на землях лесного фонда – 1265,2 тыс. га (74,5% от площади лесов);

- леса на землях обороны и безопасности – 33,9 тыс. га;

- леса на землях населенных пунктов – 0,6 тыс га;

- леса на землях особо охраняемых территорий (ООПТ) – 384,8 тыс. га;

- леса на землях иных категорий – 13,5 тыс. га.

Лесистость территории Краснодарского края составляет 22,5% и определяется по формуле:

$$L = (F_1 / F_t) \times 100\%,$$

где L – лесистость территории (%),

$F_1$  – площадь лесов (км<sup>2</sup> или га),

$F_t$  – общая площадь территории Краснодарского края (км<sup>2</sup> или га).

Этот показатель считается средним среди регионов РФ и отражает баланс между природными лесами и активно развиваемыми сельскохозяйственными урбанизированными территориями, демонстрирует наличие значительных лесных массивов, важных для

экологии, почвозащиты, климата и рекреации региона, но леса не доминируют над другими типами земель.

Анализ распределения лесного покрова Краснодарского края свидетельствует о его концентрации преимущественно на землях лесного фонда при значительной доле лесов, расположенных на особо охраняемых природных территориях. Высокий показатель лесистости отражает существенный экологический потенциал и степень сохранности лесных экосистем региона.

Лесной фонд характеризуется значительным эксплуатационным запасом древесины с выраженной доминантой твердолиственных пород, что определяет качественные особенности и направления использования лесных ресурсов. Площадь лесных культур составляет 109,5 тыс. га, или 8,7% от общей площади лесного фонда, при общем запасе древесины 223,54 млн. м<sup>3</sup>.

Структура породного состава лесных насаждений демонстрирует абсолютное преобладание твердолиственных пород (85,5%), тогда как хвойные породы занимают 4,4%, мягколиственные - 6,0%, а прочие древесные породы - 4,1%. Такая породная структура формирует уникальные экосистемные характеристики и определяет специализацию лесопользования в регионе.

Агролесоводство в Краснодарском крае представляет собой научно обоснованную систему комплексного землепользования, интегрирующую лесохозяйственные и сельскохозяйственные компоненты для достижения устойчивого развития территорий. Пространственная организация агролесоводческих систем формируется под влиянием природно-климатических, экологических и социально-экономических факторов, образующих взаимосвязанный комплекс детерминант территориального планирования.

Климатическая неоднородность территории Краснодарского края выступает ключевым фактором дифференциации агролесоводческих систем. Умеренно-континентальный климат равнинной части с выраженными сезонными колебаниями температур определяет необходимость применения морозоустойчивых древесных пород и

специализированных агротехнических приемов, направленных на сохранение почвенной влаги и предотвращение эрозионных процессов. Для черноморского побережья характерна смена климатических режимов от полусухого средиземноморского до влажного субтропического, что находит отражение в подборе соответствующих древесных видов - от засухоустойчивых до влаголюбивых быстрорастущих пород.

Орографические особенности региона создают предпосылки для формирования двух основных зон агролесоводства. Равнинная северная часть с преобладанием высокоплодородных черноземов ориентирована на интенсивное сельскохозяйственное производство с интеграцией защитных лесных насаждений. Горная южная территория, характеризующаяся сложным рельефом и высотной зональностью, обладает значительным потенциалом для развития многофункциональных лесоагросистем, сочетающих лесопользование с возделыванием специализированных культур.

Экологическая составляющая агролесоводства проявляется в способности интегрированных систем обеспечивать устойчивость агроландшафтов. Древесно-кустарниковые компоненты выполняют стабилизирующие функции, снижая эрозионные процессы, улучшая водный режим и повышая биоразнообразие. Особое значение приобретает организация агролесоводческих систем вдоль водоохраных зон и на склоновых землях, где они выступают естественным барьером для деградиционных процессов.

Экономическая эффективность агролесоводческих систем достигается через диверсификацию производства и оптимизацию земельных ресурсов. Комбинирование различных видов деятельности позволяет снижать финансовые риски и повышать рентабельность землепользования. Существенную роль играет proximity к рынкам сбыта и транспортной инфраструктуре, а также наличие мер государственной поддержки.

Социально-экологическое значение агролесоводства заключается в создании дополнительных рабочих мест, улучшении качества

## Природопользование

жизни сельского населения и повышении устойчивости территорий к климатическим изменениям. В условиях нарастающей антропогенной нагрузки на агроландшафты края, внедрение интегрированных систем способствует сохранению природного потенциала при одновременном обеспечении социально-экономического развития.

Реализация принципов циркулярного агролесоводства в Краснодарском крае

основывается на адаптивном подходе, учитывающем локальные почвенно-климатические условия и экономическую специализацию территорий. Применение аллельных систем и силвопастбищного хозяйства позволяет создавать сбалансированные агроэкосистемы, обеспечивающие замкнутость циклов вещества и энергии при сохранении продуктивности земель.



Рисунок 2. Многоаспектная оценка внедрения агролесомелиорации в Краснодарском крае: экологические, экономические и социальные аспекты

Figure 2. Multidimensional Assessment of Agroforestry Implementation in Krasnodar Region: Environmental, Economic and Social Dimensions

Источник: собственная композиция авторов

Source: the authors' own composition

Процесс перехода к циркулярному агролесоводству представляет собой последовательную цепочку шагов, направленных на устойчивое развитие сельских территорий, эффективное использование природных ресурсов и

минимизацию негативного воздействия на окружающую среду (рис 3).

На первом этапе проводится анализ текущих условий и факторов, влияющих на возможность внедрения циркулярного агролесоводства, а именно оцениваются состояние окружающей среды и природно-климатические особенности

## Природопользование

Краснодарского края (климат, состояние почв, доступность и качество водных ресурсов, состояние воздушного бассейна, биоразнообразие), текущие способы ведения хозяйственной деятельности (используемые технологии, степень нагрузки на природу, применяемые ресурсы), выявляются существующие проблемы (эрозия почв, засоленность, дефицит влаги, деградация лесных угодий, негативное воздействие на водные объекты), изучаются возможности и ограничения (климатические условия, наличие свободных площадей, варианты использования отходов производства). В результате анализа и формулируются цели внедрения циркулярного агролесоводства, к числу которых можно отнести, например, улучшение состояния почвенного покрова и повышение плодородности земли, минимизация выбросов углекислого газа и других вредных веществ, увеличение биоразнообразия и сохранения природных экосистем, эффективное использование водных ресурсов и предотвращение деградации водоемов, социальная адаптация местных

жителей к новым методам хозяйствования. В соответствии с поставленными целями разрабатываемый план мероприятий включает выбор эффективных агролесоводческих практик (создание защитных лесных полос, внедрение аллейных посадок, создание агролесных экосистем), оптимизацию внедрение методов эффективного использования водных ресурсов (капельное орошение, дождевание, создание прудов-отстойников), переработка и утилизация отходов растениеводства и животноводства (получение биогаза, биоуголь, кормовая продукция), применение цифровых технологий и автоматизированных систем мониторинга (дистанционные сенсоры, спутниковые данные, системы точного земледелия), обучение и подготовка кадров (организация тренингов, семинаров, образовательных программ для специалистов).

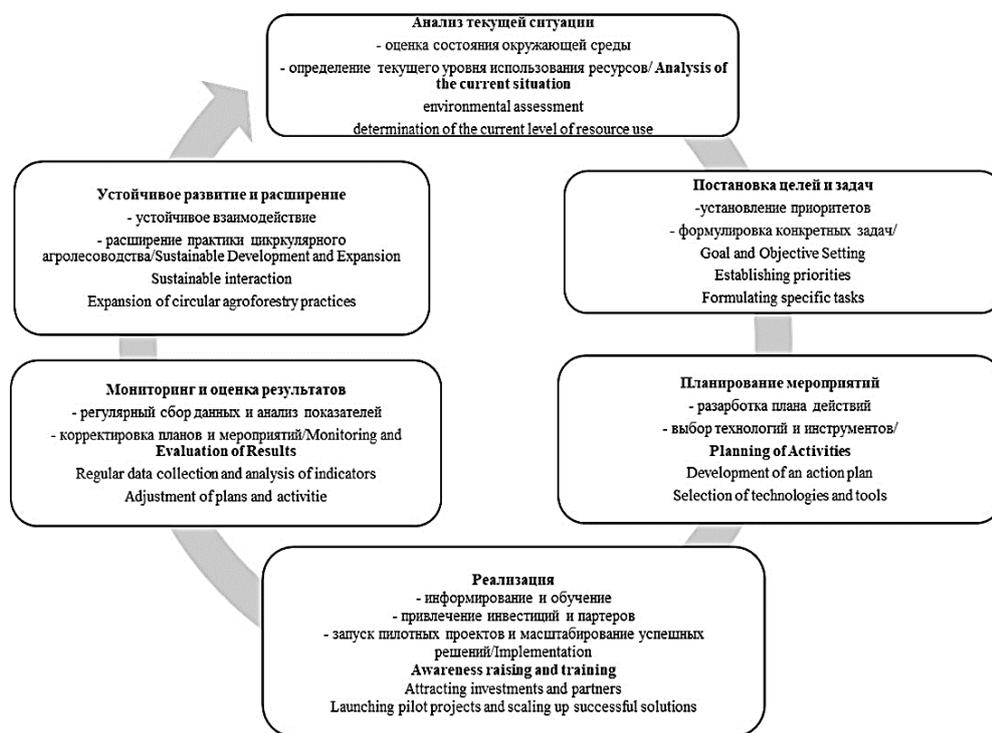


Рисунок 3. Схема перехода к циркулярному агролесоводству в Краснодарском крае

Figure 2. The scheme of transition to circular agroforestry in the Krasnodar Region

Источник: собственная композиция авторов

Source: the authors' own composition

## Природопользование

На этапе практической реализации разработанного плана происходит поиск источников финансирования, к которым можно отнести госпрограммы поддержки сельского хозяйства, гранты, субсидии, частное инвестирование. Запускаются пилотные проекты и демонстрационные площадки для проверки предложенных технологий и методик. Это должно сопровождаться организацией демонстрации и популяризации успешных практик среди предпринимателей и населения. Сопровождение процесса реализации постоянным мониторингом промежуточных результатов позволяет своевременно выявить проблемы и вносить необходимые изменения. Постоянный сбор и анализ данных о состоянии почв, экономии воды, повышении урожайности, сокращении выбросов парниковых газов.

Заключительный этап связан с закреплением и масштабированием положительных результатов на субъекты РФ со схожими природно-климатическими условиями, сетевым обменом опытом, дальнейшая поддержка на региональном уровне инициатив и проектов, способствующих реализации концепции циркулярного агrolесоводства.

На основе комплексного анализа физико-географических, эколого-экономических и агротехнических условий Краснодарского края разработана дифференцированная система циркулярных агrolесоводческих решений для основных природно-климатических зон региона. (табл.2).

**Для Черноморского побережья и предгорий Кавказа**, характеризующихся влажным субтропическим климатом и интенсивным рекреационным использованием, предлагается внедрение системы буферных зеленых коридоров и защитных полос на основе местных дендрологических видов. Это обеспечит стабилизацию эрозионно-опасных склонов и улучшит микроклиматические параметры. Агротехнические мероприятия включают создание террасированных многовидовых садовых фитоценозов с применением мульчирования из местных органических материалов. Циркулярность системы достигается через организацию кластеров по переработке органических отходов агропромышленного комплекса в компосты и биогумус, а также интеграцию возобновляемых источников энергии - солнечных панелей и малых гидроэлектростанций на горных водотоках.

Таблица 2

Циркулярные агrolесоводческие решения по природно-климатическим зонам Краснодарского края

Table 2

Circular agroforestry solutions for the natural and climatic zones of the Krasnodar Region

Природно-климатическая зона / Natural-Climatic Zone	Особенности / Characteristics	Расширенные циркулярные решения / Expanded Circular Solutions
Черноморское побережье и предгорье Кавказа / Black Sea Coast and Foothills of the Caucasus	Мягкий климат, развитый туризм, виноградники, цитрусовые сады, чайные плантации. / Mild climate, developed tourism, vineyards, citrus orchards, tea plantations.	- Зеленые коридоры и защитные полосы для связи экосистем и защиты от эрозии. / Green corridors and protective belts to connect ecosystems and prevent erosion. - Использование органических отходов виноделия и сельского хозяйства: производство компоста и биогумуса. / Utilization of organic waste from winemaking and agriculture: production of compost and vermicompost. - Внедрение агровольтаики - совмещение солнечных панелей с сельхозкультурами. / Implementation of agrivoltaics - combining solar panels with agricultural crops.

## Природопользование

		<p>- Развитие силвопастбищных систем - выпас животных в садах для борьбы с сорняками. / Development of silvopastoral systems - grazing animals in orchards to control weeds.</p>
<p>Предгорье и горные районы / Foothills and Mountain Areas</p>	<p>Богатые леса, высокогорные луга, ограниченные возможности для традиционного сельского хозяйства. / Rich forests, alpine meadows, limited opportunities for traditional agriculture.</p>	<p>- Сохранение естественных экосистем и восстановление деградированных земель. / Preservation of natural ecosystems and restoration of degraded lands.</p> <p>- Устойчивое лесопользование: переработка древесных отходов в щепу и биотопливо. / Sustainable forest management: processing wood waste into chips and biofuel.</p> <p>- Экотуризм и агротуризм с акцентом на образование в области циркулярной экономики. / Ecotourism and agritourism with a focus on circular economy education.</p> <p>- Заготовка недревесных лесных продуктов (грибы, ягоды, лекарственные травы). / Harvesting of non-timber forest products (mushrooms, berries, medicinal herbs).</p>
<p>Средняя зона (Краснодарская низменность) / Central Zone (Krasnodar Lowland)</p>	<p>Плодородные черноземы, развитое сельское хозяйство, интенсивное животноводство. / Fertile chernozems, developed agriculture, intensive livestock farming.</p>	<p>- Создание защитных лесополос для уменьшения ветровой эрозии. / Creation of protective forest belts to reduce wind erosion.</p> <p>- Регенерация почв: использование компоста и биоугля из отходов. / Soil regeneration: use of compost and biochar from waste.</p> <p>- Биогазовые установки для переработки навоза и агроотходов в энергию. / Biogas plants for processing manure and agricultural waste into energy.</p> <p>- Точное земледелие и системы капельного орошения для экономии воды. / Precision agriculture and drip irrigation systems to save water.</p>
<p>Приазовская зона / Priazovskaya Zone</p>	<p>Солончаки, засоленные почвы, высокая вероятность подтоплений, развитие аквакультур. / Salt marshes, saline soils, high flood risk, development of aquaculture.</p>	<p>- Внедрение солевыносливых культур для укрепления кормовой базы. / Introduction of salt-tolerant crops to strengthen the forage base.</p> <p>- Аквапонные и гидропонные системы с замкнутым циклом воды. / Aquaponic and hydroponic systems with a closed water cycle.</p> <p>- Фиторемедиация - использование растений для очистки сточных вод. / Phytoremediation - using plants to purify wastewater.</p>

## Природопользование

		- Создание рекреационных зон с использованием очищенной воды. / Creation of recreational areas using purified water.
Центральная зона (город Краснодар) / Central Zone (Krasnodar City)	Высокая урбанизированность, большое потребление и образование отходов. / High urbanization, high consumption and waste generation.	- Городское озеленение и вертикальное садоводство с использованием компоста. / Urban greening and vertical gardening using compost. - Фермерские кооперативы по переработке органических отходов. / Farmers' cooperatives for processing organic waste. - Образовательные экологические маршруты и программы. / Educational ecological routes and programs. - Развитие городских лесопарков как «зеленых легких». / Development of urban forest parks as «green lungs».

**В предгорных и горных районах** с их сложной орографией и ценными лесными экосистемами приоритетом является сохранение биологического разнообразия и восстановление деградированных земель. Рекомендуется развитие экологического и агротуризма с минимальной рекреационной нагрузкой, внедрение систем устойчивого лесопользования с глубокой переработкой древесных отходов. Традиционное пастбищное животноводство предлагается трансформировать в регулируемые силвопастбищные системы, дополнив их рациональным использованием недревесных лесных ресурсов.

**На территории Азово-Кубанской равнины** с ее высокопродуктивными черноземами необходимо создание комплексной системы защитных лесных полос для борьбы с ветровой эрозией и оптимизации микроклимата. Регенерация почвенного плодородия должна осуществляться через системное применение органоминеральных удобрений на основе компостов и биоугля, получаемых из отходов агропромышленного комплекса. Внедрение биогазовых установок замкнутого цикла позволит решить проблему утилизации органических отходов животноводства и одновременно обеспечить энергетические

потребности. Модернизация мелиоративных систем через переход к точному земледелию и капельному орошению обеспечит рациональное водопользование.

**Для Приазовской зоны** с характерными процессами засоления и подтопления предлагается внедрение адаптивных агролесоводческих систем на основе галофитных культур, интегрированных с аквапоническими и гидропонными установками замкнутого цикла. Фиторемедиационные технологии с использованием специальных растений-мелиорантов позволят осуществлять биологическую очистку дренажных вод с последующим их использованием в орошении. Развитие рекреационного потенциала через создание экологических маршрутов в сочетании с восстановлением дельтовых экосистем составит основу устойчивого развития территории.

**В центральной урбанизированной зоне** (г. Краснодар) ключевым направлением является развитие системы городского агролесоводства, включая вертикальное озеленение и создание многофункциональных лесопарков. Необходима организация системы селективного сбора и переработки органических городских отходов в компосты для нужд городского озеленения. Создание образовательных экологических

кластеров и поддержка социального предпринимательства в сфере циркулярной экономики позволят сформировать новую модель устойчивого городского развития.

Реализация предложенных мероприятий требует разработки интегральной системы мониторинга, адаптации нормативно-правовой базы и внедрения экономических стимулов для участников процесса перехода к циркулярной модели агролесоводства.

### **Заключение**

Проведенное исследование доказывает, что переход к циркулярной модели агролесоводства является стратегически важным и перспективным направлением для устойчивого развития Краснодарского края. Этот подход представляет собой комплексное решение, позволяющее одновременно достичь экологической стабильности, экономической эффективности и социального благополучия.

Было установлено, что циркулярное агролесоводство, основанное на принципах замкнутого цикла и многофункционального использования ресурсов, коренным образом отличается от традиционных методов. Оно не только способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных земель, но и играет ключевую роль в восстановлении и сохранении

экосистем: борьбе с эрозией почв, улучшении микроклимата, сохранении биоразнообразия и секвестрации углерода.

Разработанная в ходе исследования поэтапная схема перехода и зонирование территории края с учетом природно-климатических особенностей предоставляют практический инструментарий для внедрения данных принципов. Предложенные для каждой зоны циркулярные решения — от создания защитных лесополос в степной зоне до развития экотуризма в предгорьях — показывают высокий адаптивный потенциал модели.

Успешная реализация этого потенциала невозможна без консолидированных усилий. Для этого необходима целенаправленная государственная политика, включающая разработку нормативной базы, финансовые стимулы и образовательные программы, а также активное участие бизнеса и местных сообществ.

Таким образом, внедрение циркулярного агролесоводства способно преобразовать агропромышленный комплекс Краснодарского края, превратив его в передовую, устойчивую и конкурентоспособную модель, обеспечивающую долгосрочную продовольственную и экологическую безопасность региона.

### **Список литературы**

1. A., Jhariya, M.K. (2023). Carbon Sequestration in Agroforestry and Horticulture Based Farming Systems: Mitigating Climate Change and Advancing Food and Nutrition Security. In: Ghosh, S., Kumari Panda, A., Jung, C., Singh Bisht, S. (eds) *Emerging Solutions in Sustainable Food and Nutrition Security*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-40908-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-40908-0_7)
2. European Court of Auditors. (2023). *Special Report: EU Funding for Agroforestry – Impact on Climate Change Mitigation and Adaptation Remains Largely Unknown*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
3. Santiago-Freijanes, J. J., Pisanelli, A., Rois-Díaz, M., Aldrey-Vázquez, J. A., Rigueiro-Rodríguez, A., Pantera, A., Vityi, A., Lojka, B., Ferreiro-Domínguez, N., & Mosquera-Losada, M. R. (2018). Agroforestry development in Europe: Policy issues. *Land Use Policy*, 72, 1-10.
4. Kay, S., Kühn, E., Albrecht, M. et al. Agroforestry can enhance foraging and nesting resources for pollinators with focus on solitary bees at the landscape scale. *Agroforest Syst* 94, 379–387 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00400-9>
5. Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, \*175\*, 544-552. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>
6. Awazi, N. P. (2022). Agroforestry for Climate Change Adaptation, Resilience Enhancement and Vulnerability Attenuation in Smallholder Farming Systems in Cameroon. *Journal of Atmospheric Science Research*, 5(1). <https://doi.org/10.30564/jasr.v5i1.4303>

7. Nair, P. K. R., et al. (2021). Agroforestry: A decade of progress. *Advances in Agroforestry*, 14, 1-25.
8. Rahman, M. H., Ahrends, H. E., Raza, A., & Gaiser, T. (2023). Current approaches for modeling ecosystem services and biodiversity in agroforestry systems: Challenges and ways forward. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, 1032442. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.1032442>
9. Solar, R. R., et al. (2022). Biodiversity outcomes in agroforestry systems: A global synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 325, 107750.
10. Torralba, M., et al. (2024). Resilience of agroforestry systems to climate extremes: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 908, 168232.
11. Keprate, A. *et al.* (2024). Climate Resilient Agroforestry Systems for Sustainable Land Use and Livelihood. In: Kanga, S., Singh, S.K., Shevkani, K., Pathak, V., Sajan, B. (eds) Transforming Agricultural Management for a Sustainable Future. World Sustainability Series. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-63430-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-63430-7_7)
12. Nair P. K. Ramachandran, Kumar B. Mohan, Nair Vimala D. An Introduction to Agroforestry Four Decades of Scientific Developments 2nd ed. Edition; Springer Cham, 2021. 687 p. – DOI 10.1007/978-3-030-75358-0
13. Dagar, J. & Gupta, S.R. & Dimobe, Kangbeni. Agroforestry from a Global Perspective: Recent Developments, Technological Advancements, and Emerging Research Trends, 2025. – DOI 10.1007/978-981-97-5004-7\_1
14. Castle, S.E., Miller, D.C., Merten, N. et al. Evidence for the impacts of agroforestry on ecosystem services and human well-being in high-income countries: a systematic map. *Environ Evid.* 2022; 11 (10). – DOI 10.1186/s13750-022-00260-4
15. Trigkas M. Agroforestry: promoting a circular bioeconomy and innovation to tackle climate change. In book: Reviving Agroforestry landscapes in the era of climate change for people, nature and local economy. Publisher: European Network of Political Foundations. – EnoP, Green Institute Greece, 2023:228-235
16. den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, R. M., Palma, J. H. N., Sidiropoulou, A., Freijanes, J. J. S., Crous-Duran, J., Paulo, J. A., Tomé, M., Pantera, A., Papanastasis, V. P., Mantzanas, K., Pachana, P., Papadopoulos, A., Plieninger, T., & Burgess, P. J. (2017). Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, \*241\*, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>
17. Raj K., Veeraragavan M., Baral K., Saikanth D. R. K., Singh V., Upadhyay L, and Raj S. Agroforestry and Its Potential for Sustainable Land Management and Climate Action: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change.* 2023; 13(12):620-29. – DOI 10.9734/ijecc/2023/v13i123722.
18. Ntawuruhunga D., Ngowi E. E., Mangi H. O., Salanga R. J., Shikuku K. M. Climate-smart agroforestry systems and practices: A systematic review of what works, what doesn't work, and why. *Forest Policy and Economics.* 2023; 150: 102937. – DOI 10.1016/j.forpol.2023.102937
19. Santos M., Cajaiba R. L., Bastos R., Gonzalez D., Petrescu Bakış A. L., Ferreira D., Leote P., Barreto Da Silva W., Cabral J. A., Gonçalves B., Mosquera Losada M. R. Why Do Agroforestry Systems Enhance Biodiversity? Evidence from Habitat Amount Hypothesis Predictions. *Frontiers in Ecology and Evolution.* 2022; 9. – DOI 10.3389/fevo.2021.630151
20. Кретинин, В. М. Агроресоводство / В. М. Кретинин. – Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2021. – 268 с. – ISBN 978-5-6044587-6-1.
21. Muravieva M.A., Nazarova O.G. Forest bioeconomy and sustainable forest management. *Agro forestry. Экономика и предпринимательство.* 2024; 9(170): 26-30. – DOI 10.34925/EIP.2024.170.9.001.
22. Noordwijk M.V., Duguma L., Dewi S., Leimona B., Catacutan D.C., Lusiana B., Öborn I., Hairiah K., Minang P.A. SDG synergy between agriculture and forestry in the food, energy, water and income nexus: reinventing agroforestry? *Current Opinion in Environmental Sustainability.* 2018; 34: 33-42. – DOI 10.1016/j.cosust.2018.09.003

23. Russo O., Ricardo. Agroforestry: An Approach for Sustainability and Climate Mitigation. *Environmental Sciences*. IntechOpen. 2023. – DOI 10.5772/intechopen.105406.
24. Rubio-Delgado J, Schnabel S, Lavado-Contador J.F., Schmutz U. Small woody features in agricultural areas: Agroforestry systems of overlooked significance in Europe. *Agricultural Systems*. 2024; 218: 103973. – DOI 10.1016/j.agsy.2024.103973
25. Arshad M.A., Rouf S., Abbas R.N., Shahbaz Z., Aleem K., Shahbaz H., Pervaiz R., Sarwar A., ur Rehman H. Navigating Synergies: A Comprehensive Review of Agroforestry System and Agronomy Crops. *Haya Saudi J Life Sci*, 2024; 9(4): 97-113.
26. Rahn E., Vaast P., Läderach P., Van Asten P., Jassogne L., Ghazoul J. Exploring adaptation strategies of coffee production to climate change using a process-based model. *Ecological Modelling*. 2018; 371: 76-89. – DOI 10.1016/j.ecolmodel.2018.01.009
27. Elsheikh R., Shariff A. R. M., Amiri F., Ahmad N. B., Balasundram S. K., Saberioon M. M. Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2013; 93: 98-110. – DOI 10.1016/j.compag.2013.02.003
28. Torralba M., Fagerholm N., Herzog F., Moreno G., Plieninger T. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2016; 230: 150-161. – DOI 10.1016/j.agee.2016.06.002
29. Барсукова Г.Н., Барвинко О.А., Калугин А.О. Динамика земельного фонда Российской Федерации и Краснодарского края по категориям земель, составу и площади сельскохозяйственных угодий // Московский экономический журнал. – 2025. – Т. 10, № 2. – С. 48-65. – DOI 10.55186/2413046X\_2025\_10\_2\_37.
30. Региональный доклад о состоянии и использовании земель в Краснодарском крае. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/open-service/statistika-i-analitika/5zemleustroystvo-i-poluchenie-svedeniy-iz-gosudarstvennogo-fonda-dannykh-poluchennykh-v-rezultate-zem/deyatelnost-upravleniya-v-obl23sti/>
31. Постановление от 31 октября 2018 г. № 698 «Об утверждении Лесного плана Краснодарского края на 2019-2028 годы». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550252087?ysclid=mdtnbyrls7875175054>

### References

1. A., Jhariya M.K. Carbon Sequestration in Agroforestry and Horticulture Based Farming Systems: Mitigating Climate Change and Advancing Food and Nutrition Security. In: Ghosh S., Kumari Panda A., Jung C., Singh Bisht S., eds. *Emerging Solutions in Sustainable Food and Nutrition Security*. Singapore: Springer; 2023: 49-61. DOI: 10.1007/978-3-031-40908-0\_7.
2. Awazi N.P. Agroforestry for Climate Change Adaptation, Resilience Enhancement and Vulnerability Attenuation in Smallholder Farming Systems in Cameroon. *Journal of Atmospheric Science Research*. 2022;5(1):1-15. DOI: 10.30564/jasr.v5i1.4303.
3. Barsukova G. N., Barvinko O. A., Kalugin A. O. Dinamika zemel'nogo fonda Rossiyskoy Federatsii i Krasnodarskogo kraya po kategoriyam zemel', sostavu i ploshchadi sel'skokhozyaystvennykh ugodiy [Dynamics of the land fund of the Russian Federation and Krasnodar Krai by land categories, composition and area of agricultural land]. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal*. 2025;10(2):48-65. (In Russ.). DOI: 10.55186/2413046X\_2025\_10\_2\_37.
4. Castle S.E., Miller D.C., Merten N. et al. Evidence for the impacts of agroforestry on ecosystem services and human well-being in high-income countries: a systematic map. *Environmental Evidence*. 2022;11(1):10. DOI: 10.1186/s13750-022-00260-4.
5. Dagar J.C., Gupta S.R., Dimobe K. Agroforestry from a Global Perspective: Recent Developments, Technological Advancements, and Emerging Research Trends. In: Dagar J.C., Gupta S.R., eds. *Agroforestry for Sustainable Development*. Singapore: Springer; 2025:1-25. DOI: 10.1007/978-981-97-5004-7\_1.
6. den Herder M., Moreno G., Mosquera-Losada R.M. et al. Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017;241:121-132. DOI: 10.1016/j.agee.2017.03.005.

7. Elsheikh R., Shariff A.R.M., Amiri F. et al. Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2013;93:98-110. DOI: 10.1016/j.compag.2013.02.003.
8. European Court of Auditors. Special Report: EU Funding for Agroforestry – Impact on Climate Change Mitigation and Adaptation Remains Largely Unknown. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2023.
9. Kay S., Kühn E., Albrecht M. et al. Agroforestry can enhance foraging and nesting resources for pollinators with focus on solitary bees at the landscape scale. *Agroforestry Systems*. 2020;94(2):379-387. DOI: 10.1007/s10457-019-00400-9.
10. Keprate A., Kanga S., Singh S.K. et al. Climate Resilient Agroforestry Systems for Sustainable Land Use and Livelihood. In: Kanga S., Singh S.K., Shevkani K. et al., eds. *Transforming Agricultural Management for a Sustainable Future*. Cham: Springer; 2024:89-104. DOI: 10.1007/978-3-031-63430-7\_7.
11. Korhonen J., Nuur C., Feldmann A., Birkie S.E. Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*. 2018;175:544-552. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.111.
12. Kretinin V. M. *Agrolesovodstvo [Agroforestry]*. Volgograd: Federal'nyy nauchnyy tsentr agroekologii, kompleksnykh melioratsiy i zashchitnogo lesorazvedeniya Rossiyskoy akademii nauk; 2021. 268 s. (In Russ.). ISBN 978-5-6044587-6-1.
13. Murav'eva M. A., Nazarova O. G. Lesnaya bioekonomika i ustoychivoe upravlenie lesami. *Agro lesovodstvo [Forest bioeconomy and sustainable forest management. Agroforestry]*. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economics and Entrepreneurship*. 2024;9(170):26-30. (In Russ.). DOI: 10.34925/EIP.2024.170.9.001.
14. Nair P.K.R., Kumar B.M., Nair V.D. Agroforestry: A decade of progress. *Advances in Agroforestry*. 2021;14:1-25.
15. Nair P.K.R., Kumar B.M., Nair V.D. *An Introduction to Agroforestry: Four Decades of Scientific Developments*. 2nd ed. Cham: Springer; 2021. 687 p. DOI: 10.1007/978-3-030-75358-0.
16. Noordwijk M.V., Duguma L., Dewi S. et al. SDG synergy between agriculture and forestry in the food, energy, water and income nexus: reinventing agroforestry? *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2018;34:33-42. DOI: 10.1016/j.cosust.2018.09.003.
17. Ntawuruhunga D., Ngowi E.E., Mangi H.O. et al. Climate-smart agroforestry systems and practices: A systematic review of what works, what doesn't work, and why. *Forest Policy and Economics*. 2023;150:102937. DOI: 10.1016/j.forpol.2023.102937.
18. Postanovlenie ot 31 oktyabrya 2018 g. № 698 «Ob utverzhdenii Lesnogo plana Krasnodarskogo kraja na 2019-2028 gody» [Decree of October 31, 2018 No. 698 "On approval of the Forest Plan of Krasnodar Krai for 2019-2028"]. Pravitel'stvo Krasnodarskogo kraja; 2018. (In Russ.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/550252087?ysclid=mdtnbyrls7875175054>
19. Rahn E., Vaast P., Läderach P. et al. Exploring adaptation strategies of coffee production to climate change using a process-based model. *Ecological Modelling*. 2018;371:76-89. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2018.01.009.
20. Rahman M.H., Ahrends H.E., Raza A., Gaiser T. Current approaches for modeling ecosystem services and biodiversity in agroforestry systems: Challenges and ways forward. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2023;5:1032442. DOI: 10.3389/ffgc.2022.1032442.
21. Raj K., Veeraragavan M., Baral K. et al. Agroforestry and Its Potential for Sustainable Land Management and Climate Action: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023;13(12):620-629. DOI: 10.9734/ijec/2023/v13i123722.
22. Regional'nyy doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Krasnodarskom krae [Regional report on the status and use of lands in Krasnodar Krai]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy registratsii, kadastra i kartografii; 2023. (In Russ.). URL: <https://rosreestr.gov.ru/open-service/statistika-i-analitika/5zemleustroystvo-i-poluchenie-svedeniy-iz-gosudarstvennogo-fonda-dannykh-poluchennykh-v-rezultate-zem/deyatelnost-upravleniya-v-obra23sti/>

23. Rubio-Delgado J., Schnabel S., Lavado-Contador J.F., Schmutz U. Small woody features in agricultural areas: Agroforestry systems of overlooked significance in Europe. *Agricultural Systems*. 2024;218:103973. DOI: 10.1016/j.agry.2024.103973.
24. Russo R.R. *Agroforestry: An Approach for Sustainability and Climate Mitigation*. Environmental Sciences. London: IntechOpen; 2023. DOI: 10.5772/intechopen.105406.
25. Santos M., Cajaiba R.L., Bastos R. et al. Why Do Agroforestry Systems Enhance Biodiversity? Evidence from Habitat Amount Hypothesis Predictions. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022;9:630151. DOI: 10.3389/fevo.2021.630151.
26. Santiago-Freijanes J.J., Pisanelli A., Rois-Díaz M., Aldrey-Vázquez J.A., Rigueiro-Rodríguez A., Pantera A., Vityi A., Lojka B., Ferreiro-Domínguez N., Mosquera-Losada M.R. Agroforestry development in Europe: Policy issues. *Land Use Policy*. 2018;72:1-10. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.01.001.
27. Solar R.R., Barlow J., Ferreira J. et al. Biodiversity outcomes in agroforestry systems: A global synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2022;325:107750. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107750.
28. Torralba M., Fagerholm N., Burgess P.J. et al. Resilience of agroforestry systems to climate extremes: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*. 2024;908:168232. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168232.
29. Torralba M., Fagerholm N., Herzog F. et al. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016;230:150-161. DOI: 10.1016/j.agee.2016.06.002.
30. Trigkas M. Agroforestry: promoting a circular bioeconomy and innovation to tackle climate change. In: *Reviving Agroforestry landscapes in the era of climate change for people, nature and local economy*. Athens: European Network of Political Foundations; 2023:228-235.
31. Arshad M.A., Rouf S., Abbas R.N. et al. Navigating Synergies: A Comprehensive Review of Agroforestry System and Agronomy Crops. *Haya: Saudi Journal of Life Sciences*. 2024;9(4):97-113.

### **Сведения об авторах**

*Терёшина Мария Валентиновна* – доктор экономических наук, профессор кафедры государственной политики и публичного управления, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», ул. Ставропольская, 149, г. Краснодар, 350040, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8982-5831>, e-mail: [mwstepanova@mail.ru](mailto:mwstepanova@mail.ru)

*Яковлева Елена Александровна* – доктор экономических наук, заведующий кафедрой мировой и национальной экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9697-8024>, e-mail: [elena-12-27@mail.ru](mailto:elena-12-27@mail.ru)

✉ *Яковенко Наталья Владимировна* – доктор географических наук, главный научный сотрудник НИИ ИТЛК, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>, e-mail: [n.v.yakovenko71@gmail.com](mailto:n.v.yakovenko71@gmail.com)

### **Information about the authors**

*Maria V. Tereshina* – Doctor of Economics, Professor of the Department of Public Policy and Public Administration, Kuban State University, 149, Stavropolskaya Str., Krasnodar, 350040, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8982-5831>, e-mail: [mwstepanova@mail.ru](mailto:mwstepanova@mail.ru)

*Elena A. Yakovleva* – Doctor of Economics, Head of the Department of World and National Economics, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazev str., Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9697-8024>, e-mail: [elena-12-27@mail.ru](mailto:elena-12-27@mail.ru)

*Nataliya V. Yakovenko* – Dr. Sci. (Geogr.), Chief research officer of the Research Institute of Innovative Technologies and the Forestry Complex, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazev str., Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>, e-mail: [n.v.yakovenko71@gmail.com](mailto:n.v.yakovenko71@gmail.com)

✉ – Для контактов /Corresponding author