

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ПОДДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕСОВ¹

Морковина С. С.¹, Иванова А. В.^{1*},
Шеиницан С. С.¹, Гуталь М. М.²

¹ Воронежский государственный
лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова,
Воронеж, Россия

² Университет Восточного Сараево,
Лукавица, Республика Сербская, Босния и Герцеговина

* anna_iv_1989@mail.ru

Аннотация. *Введение.* Цель исследования заключается в обосновании показателей для эколого-экономической оценки эффективности лесовосстановления на землях лесного фонда субъектов РФ. Основными задачами исследования являются идентификация показателей, которые наиболее полно характеризуют потенциал лесов, складывающийся по результатам лесохозяйственных мероприятий в целях поддержания углеродного потенциала лесов, и научное обоснование их использования для оценки эколого-экономической эффективности мероприятий по воспроизводству природного капитала лесов. *Материалы и методы.* Научное обоснование показателей оценки эколого-экономической эффективности лесовосстановления в целях поддержания углеродного потенциала лесов проводилось на основании данных отраслевой отчетности об осуществлении переданных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений. Оценка степени реализации углеродного потенциала лесовосстановительных мероприятий в субъектах, выраженная в расчете суммарного ежегодного объема поглощенных парниковых газов (CO₂) при лесовосстановлении в ходе роста лесных культур, выполнялись на основе методики информационно-аналитической оценки бюджета углерода лесных насаждений. Расчет накопления углерода пулом фитомассы основан на методе разности запасов, в котором используется динамика объемных запасов лесных насаждений, полученная из региональных таблиц хода роста насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии. *Результаты исследования* по данным метаанализа позволили определить, что потенциал поглощения парниковых газов лесами наиболее полно характеризуется показателями эффективности выполнения лесохозяйственных мероприятий: доля лесных культур, переведенных в покрытые лесной растительностью земли; отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений. Проведенное зонирование территорий в разрезе двух показателей позволило выявить 17 субъектов Российской Федерации с низким уровнем эколого-экономической эффективности мероприятий по воспроизводству природного капитала лесов и отнести их к «критической зоне» – территории с неудовлетворительным состоянием лесного фонда, низкими темпами воспроизводства лесов и

¹ Исследование выполнено в рамках государственного контракта № 0373100032224000014 от 14.06.2024 на выполнение научно-исследовательской работы по теме «Разработка комплекса научно обоснованных мер регулирования по обеспечению низкоуглеродного развития лесного хозяйства в целях достижения показателей Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов».

высоким риском несостоятельности существующих лесохозяйственных практик. Была проведена оценка степени реализации углеродного потенциала лесовосстановительных мероприятий в субъектах, отнесенных к «критической зоне». *Обсуждение и заключение.* Было установлено, что лесовосстановительные процессы в субъектах «критической зоны» в целом характеризуются системным недоиспользованием углеродного потенциала искусственных насаждений, что связано как с лесорастительными условиями, так и с организационными и методическими факторами. Тем самым была подтверждена необходимость смещения управленческого акцента с количественных характеристик (таких как «доля площади лесовосстановления и лесоразведения в площади вырубленных и погибших лесных насаждений») на качественные индикаторы: доля площадей переведенных лесных культур в покрытую лесом площадь в площади исходных созданных лесных культур, сроки и полнота перевода, мониторинг сохранности в горизонте 8-10 лет.

Ключевые слова: лесовосстановление, лесоразведение, доля лесных культур, покрытые лесом земли, приживаемость лесных культур, углеродный потенциал, эколого-экономическая эффективность.

Для цитирования: Морковина С. С., Иванова А. В., Шешницан С. С., Гуталь М. М. Научное обоснование показателей оценки эколого-экономической эффективности лесовосстановления в целях поддержания углеродного потенциала лесов. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)*. 2026;1(33):204-220. DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2026.93.1.017.

Research article

JEL Q23 Q50 Q56

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF INDICATORS FOR ASSESSING THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF FOREST RESTORATION IN ORDER TO MAINTAIN THE CARBON POTENTIAL OF FORESTS¹

Morkovina S.¹, Ivanova A.^{1}, Sheshnitsan S.¹, Gotalj M.²*

¹ *Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. Morozov, Voronezh, Russia*

² *University of East Sarajevo, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina*

* *anna_iv_1989@mail.ru*

Abstract. Introduction. The aim of the study was to substantiate indicators for the ecological and economic assessment of the effectiveness of reforestation on forest fund lands in the constituent entities of Russian Federation. The main objectives of this study are to identify indicators that most fully characterize the potential of forests, the transformation of the results of forest management measures in order to maintain the carbon capacity of forests, and the scientific justification for their use in assessing the ecological and economic efficiency of measures to restore the natural capital of forests. *Materials and methods.* The scientific substantiation of indicators

¹ The work was carried out within the framework of state contract № 0373100032224000014 from 14.06.2024 for the implementation of research work on the topic «Development of a set of scientifically based regulatory measures to ensure low-carbon development of forestry in order to achieve the indicators of the Strategy for the socio-economic development of Russian Federation with a low level of greenhouse gas emissions».

for assessing the ecological and economic efficiency of reforestation in order to maintain the carbon potential of forests was carried out based on industry reporting data on the transfer of powers to Russian Federation in forest relations. The degree of realization of the carbon potential in restoration measures in the constituent entities, expressed in the calculation of the average annual volume of paired gas groups (CO₂) in the process of reforestation during the growth of forest crops, is carried out based on the methodology of information and analytical assessment of the budget of forest plantations. The calculation of phytomass accumulation by the pool is based on the stock-difference method, which utilizes the dynamics of forest populations obtained from regional tables of population growth for the main forest-forming species in Northern Eurasia. *Research results* of the study, based on meta-analysis data, indicate that the potential benefits of greenhouse gas forests are most fully demonstrated by the efficiency indicators of forest management measures: the proportion of forest stands converted to hidden forest vegetation; the ratio of reforestation and afforestation areas to the area of felled and dead forest stands. The conducted zoning of territories based on these two indicators identifies 17 subjects of Russian Federation with a high level of ecological and economic efficiency of measures to restore natural capital forests and their «critical zone»-territories with unsatisfactory forest conditions, low rates of forest reproduction, and a high risk of failure of existing forest management practices. An assessment was made of the carbon potential of forest restoration activities in regions classified as «critical zones». *Discussion and conclusion.* It was established that forest restoration processes in the «critical zone» regions are fundamentally characterized by a systemic underutilization of the carbon potential of artificial plantations, which is associated with both forest growth conditions and organizational and methodological factors. This decision resolved the need to shift the management focus from numerical indicators (such as the «share of reforestation and afforestation areas relative to the area of felled and dead forest stands») to indicators such as the share of converted forest plantations to forested area relative to the area of original established forest plantations, the timing and completeness of conversion, and monitoring of their preservation over an 8-10-year horizon.

Keywords: reforestation, afforestation, share of forest plantations, forested lands, survival rate of forest plantations, carbon potential, environmental and economic efficiency.

For citation: Morkovina S., Ivanova A., Sheshnitsan S., Gotalj M. Scientific Substantiation of Indicators for Assessing the Ecological and Economic Efficiency of Reforestation in Order to Maintain the Carbon Potential of Forests. *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH)*. 2026;1(33):204-220. DOI: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2026.93.1.017.

Введение

Задача сохранения и обеспечения устойчивого существования и поддержания депонирующей функции лесов в связи с изменением климата требует осуществления эффективных лесохозяйственных мероприятий, содержанием которых может быть как усиление традиционных форм охраны, защиты и воспроизводства лесов, так и разработка новых, климатически обусловленных практик в лесном хозяйстве [9, 10]. В лесном хозяйстве страны накоплен значительный опыт лесовосстановления на ландшафтно-типологической основе, получены

современные знания о процессах лесовосстановления на горячих, вырубках, песчаных раздувах и в речных руслах [5, 2]. Трансформация климата в настоящее время является основной экологической проблемой как в масштабе всей планеты, так и на отдельных региональных уровнях [23, 21]. Наряду с мерами по смягчению антропогенного воздействия на климат Российская Федерация максимально концентрирует усилия на увеличении абсорбции парниковых газов природными поглотителями и накопителями [24, 15]. Поэтому в последние годы принято рассматривать эффективность лесовосстановления с

позиции углеродного баланса лесных экосистем [22]. Результаты некоторых исследований показывают, что смягчить последствия изменения климата и поддержание углеродного баланса возможно с помощью управления воспроизводством лесов – позволить лесам расти и накапливать углерод в живой биомассе и мертвых органических веществах [13]. Следует отметить, что в России задачи по лесовосстановлению в основном делегированы арендаторам лесных участков, которые не всегда напрямую заинтересованы в обеспечении качества проводимых работ [4]. Вопросы оценки эколого-экономической эффективности лесовосстановления в связи с расширением количества участников лесных отношений и стейкхолдеров выходят на первый план в исследованиях природопользования.

Лесоводственную эффективность создания защитных лесных насаждений чаще всего оценивают отношением живых растений к общему числу высаженных растений, а экономическую эффективность – по состоянию фактических затрат на создание, уход защитных лесных насаждений [11, 8]. Однако методические приемы по оценке эффективности лесовосстановления продолжают совершенствоваться.

Л. Н. Рожковым для оценки эффективности лесовосстановления и лесоразведения предложена система из шести показателей и уравнения для их расчетов: площадь лесовосстановления и лесоразведения в разрезе методов лесовосстановления, сроки проведения требуют исправления или дополнения, сроки перевода объектов лесовосстановления в покрытые лесом земли, доля участия главных пород в молодняках, продуктивность молодняков по древесному запасу. Итоговая оценка устанавливается по предложенной шкале на основании рассчитанного интегрального показателя оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий [17].

М. Б. Стрюкову на основе теории нечетких множеств удалось сформировать комплексную оценку эффективности

лесовосстановления по временным рядам трех групп: динамика показателей по лесовосстановлению, динамика выполнения мероприятий по рубкам ухода и информация о патрулировании территории лесного фонда. При этом вклад каждого из рассматриваемых показателей автором предлагается оценивать с помощью весового коэффициента, отражающего его значимость [18].

Н. Н. Панкратовой научно обоснован методологический подход к оценке экономической эффективности воспроизводства лесов по критерию максимизации кадастровой стоимости земель лесного фонда от мероприятий по лесовосстановлению и рубок ухода в молодняках [14].

В целях эффективного воспроизводства природного капитала лесов и поддержания их способности к митигации парниковых газов в период с 2018 по 2024 г. на землях лесного фонда осуществлялись лесохозяйственные мероприятия в рамках федерального проекта «Сохранение лесов» национального проекта «Экология», основными показателями для оценки лесоводственной и экономической эффективности которых являются: отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений, %; количество выращенного посадочного материала лесных растений, млн шт.; запас семян лесных растений для лесовосстановления и лесоразведения [12]. Эти показатели являются важными, однако количество выращенного посадочного материала и запас семян не отражают конечную результативность мероприятий по воспроизводству лесов, так как не свидетельствуют о приросте площади, покрытой лесом. Также показатели, используемые для оценки эффективности воспроизводства лесов, не учитывают последствий изменений климата, выражающихся в гибели лесных культур на разных этапах онтогенеза.

Ряд авторов отмечает, что для превентивного реагирования на вариативность климата лесохозяйственные мероприятия должны строиться путем подбора

и их комбинаций с учетом основополагающих принципов ведения лесного хозяйства в разрезе схожих условий, складывающихся за ряд последних лет в региональных системах лесного хозяйства [19, 16].

Целью исследования является обоснование показателей для эколого-экономической оценки эффективности лесовосстановления на землях лесного фонда субъектов РФ.

Материалы и методы

Объект и предмет исследования

Объектом исследования является комплекс лесохозяйственных мероприятий по лесовосстановлению, обеспечивающих сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов.

Сбор данных

Наиболее обоснованный и часто используемый показатель, по которому оценивают успешность воспроизводства природного капитала лесов, – «Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений» [1]. Он остается единственным показателем в национальном проекте «Экологическое благополучие» на 2025-2030 гг.» и является основной целью реализации федерального проекта «Сохранение лесов»¹. Показатель характеризует достижение баланса выбытия и воспроизводства лесов Российской Федерации, улучшение их качества, повышение их продуктивности в части земель лесного фонда.

Сведения об изменении площадей списания лесных культур последнего десятилетия, в том числе по причинам списания (погодные и почвенно-климатические факторы, лесные пожары, повреждение дикими животными, антропогенные факторы), брались из Формы № 11-ОИП «Сведения об отнесении земель, предназначенных для лесовосстановления, к землям, на которых расположены леса», таблица 2 «Сведения об изменении лесных культур

последнего десятилетия по состоянию закладки лесных культур последнего десятилетия (заполняется при наличии не переведенных культур старше 10 лет)». Данные о натурных объемах ежегодно проводимых мероприятий по лесовосстановлению брались из Формы 1 – субвенции, Раздел II. Обеспечение использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов на землях лесного фонда с учетом реализации федерального проекта «Сохранение лесов» национального проекта «Экология» (до 2021 г.), начиная с 2022 г. – Форма № 15-ОИП «Отчет о расходах субъекта Российской Федерации на реализацию переданных органам государственной власти субъектов Российской Федерации полномочий Российской Федерации в области лесных отношений», Раздел II. Обеспечение охраны, защиты, воспроизводства лесов на землях лесного фонда. Хотя лесовосстановление является ключевым индикатором потенциала лесов в части поддержания углеродного баланса, как показывает опыт, не всегда проходит успешно, особенно в условиях бедных почв. Так, несвоевременность уходов за лесными культурами в ряде случаев приводит к формальному выполнению мероприятий по уходу за ними [7]. В этом случае затраты, которые понесло предприятие/государство при проведении лесокультурных работ: обработка почвы, закупка посадочного материала, работы по посадке культур, не приводят к положительному результату. Более того, формальное проведение работ по восстановлению лесов не может привести к полноценному их восстановлению [6].

На наш взгляд, для оценки эколого-экономической эффективности лесовосстановления в региональных системах лесного хозяйства можно использовать показатель «Доля лесных культур, переведенных в покрытые лесной растительностью земли» как критерий оценки

¹ Установленный федеральным проектом «Сохранение лесов» показатель «Площадь лесовосстановления и лесоразведения» предусмотрен только в 28 региональных проектах из 81 (34,6 %);

«Запас семян лесных растений для лесовосстановления и лесоразведения» – в 26 (32,1 %); «Количество выращенного посадочного материала лесных растений» – в 23 (28,4 %).

эффективности лесокультурной деятельности. Это означает, что состав насаждения соответствует его целевым характеристикам, и лесовосстановление было успешным.

Показатель «Доля лесных культур, переведенных в покрытые лесной растительностью земли» рассчитывается на основании административных данных, представленных органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, уполномоченными в области лесных отношений. Данные формируются на основе годовой формы официальной отраслевой отчетности Федерального агентства лесного хозяйства государственного лесного реестра № 3-ГЛР «Состав земель лесного фонда и земель иных категорий, на которых расположены леса».

Таким образом, для целей настоящего исследования показатель «Доля лесных культур, переведенных в покрытые лесной растительностью земли», наряду с показателем «Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений», характеризует потенциал лесов, складывающийся по результатам лесохозяйственных мероприятий.

Анализ данных

Расчеты суммарного ежегодного объема поглощенных парниковых газов (CO₂) при лесовосстановлении в ходе роста лесных культур выполнялись на основе методики информационно-аналитической оценки бюджета углерода лесных насаждений на локальном уровне [3] с учетом соотношения породного состава, используемого для лесовосстановления (по данным отраслевой формы отчетности № 11-ОИП «Сведения об отнесении земель, предназначенных для лесовосстановления, к землям, на которых расположены леса» за 2020-2024 гг.). Расчет накопления углерода пулом фитомассы основан на методе разности запасов, в котором используется динамика объемных запасов лесных насаждений, полученная из региональных таблиц хода роста насаждений основных лесобразующих

пород Северной Евразии, по А. З. Швиденко [20]. Перед расчетами данные по таксационным показателям (высота, диаметр, полнота, запас древесины) были приведены к годовому шагу: для возрастов старше стартового значения таблицы применялась линейная интерполяция, для возрастов младше – линейная экстраполяция до нулевых значений параметров в начальный момент ($t = 0$).

Для каждого региона выполнялось интегрирование значений по площадям лесных культур и показателям среднегодового поглощения углекислого газа в расчете на гектар. Величина суммарного поглощения (P_{reg}) определялась по выражению:

$$P_{reg} = \sum_{i=1}^n (A_i + P_i), \quad (1)$$

где A_i – площадь культур (га);

P_i – годовое поглощение CO₂ на гектар (т/га).

Для оценки степени реализации углеродного потенциала лесовосстановительных мероприятий сопоставлялись два показателя: теоретически ожидаемое поглощение – рассчитанное по всем площадям культур, созданным в 2012-2016 гг., и фактически реализованное поглощение – рассчитанное по площадям культур, реально переведенным в покрытую лесом площадь в 2020-2024 гг. Разность между этими значениями ($\Delta P = P_{теор} - P_{факт}$) отражала уровень недореализованного углеродного эффекта. Отрицательные значения ΔP указывали на потери углерода, обусловленные гибелью культур, несвоевременным переводом в покрытую лесом площадь или недостаточным уходом в течение жизненного цикла лесных культур.

Результаты исследования

Оценка эколого-экономической эффективности лесовосстановления осуществляется в несколько этапов:

– выбор объекта оценки эколого-экономической эффективности лесовосстановления (лесной участок, лесничество или группа лесничеств в пределах субъекта РФ в целом);

- определение вида лесовосстановления деятельности (искусственное лесовосстановление, естественное лесовосстановление, содействие естественному лесовосстановлению);

- расчет рядов многолетних значений показателей эколого-экономической эффективности лесовосстановления;

- идентификация регионов, имеющих значения показателя «Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений» ниже 1;

- идентификация регионов, имеющих значение показателя «Доля лесных культур, переведенных в покрытые лесной растительностью земли» менее 50 %;

- объединение регионов по состоянию дел в области воспроизводства лесов (устойчивая зона, неустойчивая зона, критическая зона);

- формирование предложений по проведению лесохозяйственных мероприятий для каждой из групп состояний процессов лесовосстановления;

- определение потребности в дополнительном финансировании лесохозяйственных работ, необходимых для воспроизводства лесов.

Эколого-экономический эффект от мероприятий по лесовосстановлению, с позиции поддержания углеродного потенциала лесных экосистем, выражается в дополнительных объемах поглощения парниковых газов, полученных при полной сохранности лесных культур и достигнутом балансе между выбытием и воспроизводством лесов в границах субъекта РФ.

В субъектах, относящихся к «устойчивой зоне», с ежегодным выполнением и перевыполнением планов по лесовосстановлению, внесение изменений в документы лесного планирования как по площади, так и по объемам мероприятий не требуется. В этих субъектах дополнительные мероприятия должны носить поддерживающий характер, заключающийся в улучшении породного состава, повышении качества лесопосадочного материала,

использовании бережных технологий при подготовке почвы и организации исходных работ.

Для регионов, имеющих устойчивое состояние изменений по составу и количеству мероприятий, обеспечивающих ускорение перевода лесных культур в покрытую лесом площадь, внесение изменений не требуется. Основная задача в рамках применяемой стратегии заключается в проведении контрольных мероприятий за своевременным выполнением агротехнических и лесоводственных уходов по объему и качеству. Такая ситуация характерна для 46 субъектов РФ, что свидетельствует об эффективности действующих мероприятий.

Для регионов, отнесенных по состоянию лесовосстановления в «неустойчивую зону», для которых в отдельные временные периоды объемы воспроизводства лесов ниже объемов их выбытия, основной рекомендацией является увеличение площадей лесовосстановления на 5 % ежегодно, в целях увеличения покрытых лесом площадей. Для этих регионов важно не только обеспечить интенсивное лесовосстановление, но и стремиться к применению новых технологий, созданию смешанных насаждений с быстрорастущими древесными породами.

Неустойчивое состояние дел по переводу лесных культур в покрытую лесом площадь складывается в 27 субъектах РФ, что отражает недостаточность существующих лесохозяйственных мероприятий для формирования продуктивных насаждений. В этих регионах лесохозяйственные мероприятия направлены на повышение сохранности лесных культур, улучшение условий формирования, роста и развития насаждений, усиление их защитной роли, борьбу с вредителями и болезнями, а также охрану лесов от неблагоприятных факторов. Такие мероприятия включают рубки ухода, агролесомелиорацию, борьбу с вредителями и болезнями, а также меры охраны лесов.

Искусственно создаваемые лесные насаждения требуют агротехнических и

лесоводственных уходов. При этом потребность в агротехнических уходах удовлетворяется только на 60 %. Из-за несоблюдения агротехники выращивания созданных лесных культур отмечается их гибель в период до перевода в покрытую лесом площадь. Этим регионам необходимо повысить интенсивность агротехнических и лесоводственных уходов на 150 %.

С привлечением форм отраслевой отчетности выявлены регионы, отличающиеся наибольшим дисбалансом в про-

цессах воспроизводства лесов, отнесенных в «критическую зону» (табл. 1). Накопленный дисбаланс выбытия лесов в лесном хозяйстве этих субъектов составляет 170,3 тыс. га. Преодоление сложившихся диспропорций в процессах воспроизводства лесов позволит повысить митигационный потенциал лесных экосистем в субъектах, увеличить годовые объемы поглощения ПГ лесными экосистемами восьми регионов (из расчета 1,5 т CO₂ экв. на 1 га) на 255,45 тыс. т CO₂ экв.

Таблица 1 – Фактические объемы выбытия и воспроизводства лесов
с 2020 г. по 2024 г.*

Table 1 – Actual volumes of forest loss and reproduction from 2020 to 2024**

Субъект	Лесовосстановление, тыс. га	Площадь сплошных рубок – всего, тыс. га	Площадь сплошных санитарных рубок, тыс. га	Баланс, тыс. га
Ленинградская область	20,13	21,35	1,39	-2,61
Республика Крым	0,01	0,06	0,03	-0,08
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	25,98	36,92	0,13	-11,07
Республика Алтай	1,15	2,81	0,01	-1,67
Республика Карелия	27,94	32,24	0,89	-5,19
Республика Коми	55,13	62,36	0,52	-7,75
Астраханская область	0,04	0,13	0,08	-0,17
Брянская область	7,74	12,1	2,58	-6,94
Белгородская область	0,15	0,23	0,1	-0,18
Ивановская область	9,74	18,67	3,76	-12,69
Костромская область	24,25	92,62	10,85	-79,22
Курганская область	5,67	11,17	5,3	-10,8
Липецкая область	0,81	0,61	0,6	-0,4
Республика Адыгея	0,06	0,20	0,0	-0,14
Тамбовская область	2,64	1,76	1,76	-0,88
Тверская область	30,64	55,52	5,63	-30,51
Всего	212,08	348,75	33,63	-170,3

* По данным отраслевой формы отчетности 1 – субвенции, Раздел II. Обеспечение использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов на землях лесного фонда с учетом реализации федерального проекта «Сохранение лесов» национального проекта «Экология» (до 2021 г.); № 15-ОИП «Отчет о расходах субъекта Российской Федерации на реализацию переданных органам государственной власти субъектов Российской Федерации полномочий Российской Федерации в области лесных отношений», Раздел II. Обеспечение охраны, защиты, воспроизводства лесов на землях лесного фонда (начиная с 2022 г.).

** According to the industry reporting form 1 – subventions, Section II. Ensuring the use, conservation, protection, and reproduction of forests on forest fund lands, taking into account the implementation of the federal project «Forest Conservation of the National Project «Ecology» (until 2021); № 15-OIP «Report on the expenses of a constituent entity of Russian Federation for the implementation of the powers of Russian Federation in the field of forest relations transferred to state authorities of constituent entities of Russian Federation», Section II. Ensuring the conservation, protection, and reproduction of forests on forest fund lands (starting from 2022).

В целях нейтрализации накопленного многолетнего ущерба митигационному потенциалу лесных экосистем выявлен фонд площадей, требующих ускоренного лесовосстановления в критических субъектах.

Для 15 субъектов (Ленинградская, Астраханская, Брянская, Белгородская, Ивановская, Костромская, Курганская, Липецкая, Тамбовская, Тверская области, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Республики Карелия и Коми,

Ямало-Ненецкий автономный округ и республика Крым) характерно наличие значительных объемов списанных лесных культур. Указанные площади представляют собой дополнительный потенциал земель для проведения лесокультурных работ и восстановления природного потенциала лесов. За счет доведения до 100 % приживаемости лесных культур на площади 23 212 га в критических регионах возможно увеличение поглощения ПГ (табл. 2).

Таблица 2 – Потенциал площадей для лесовосстановления в регионах «критической зоны»*

Table 2 – Potential for reforestation areas in the «critical zone» regions**

Субъект	Отнесено земель с созданными лесными культурами к землям, занятым лесными насаждениями, га	Списано лесных культур за 10 лет (2014-2022 гг.)	Доля лесных культур, переведенных в покрывную лесом площадь в объеме заложенных лесных культур	Заложено лесных культур всего за 10 лет (2014-2022 гг.), га
Ленинградская область	27 015,5	306,0	0,28	93 894,9
Республика Крым	3210,2	5195,6	0,29	11 192,8
Ханты-Мансийский АО – Югра	8332,4	865,2	0,19	42 814,7
Республика Алтай	1386,7	589,2	0,11	12 488,2
Республика Карелия	18 981,2	2 038,3	0,22	84 679,8
Республика Коми	6686,28	487,7	0,17	37 146,3
Астраханская область	210,2	323,7	0,30	696,0
Ямало-Ненецкий автономный округ	39,0	476,9	0,006	5619,1
Брянская область	11 296,3	681,6	0,35	32 013,6
Белгородская область	900,5	8,6	0,35	2534,7
Ивановская область	7145,4	3571,5	0,23	30 225,1
Костромская область	17 955,0	902,8	0,29	61 102,1
Курганская область	4262,2	6565,4	0,17	24 437,8
Липецкая область	3894,6	206,6	0,54	7112,2
Республика Адыгея	90,1	0,0	0,47	189,5
Тамбовская область	5756,9	538,7	0,50	11 496,3
Тверская область	35 632,0	454,9	0,36	98 212,5
Всего	86 933,00	23212,7	0,15	555 855,60

* По данным отраслевой формы отчетности № 11-ОИП (годовая) «Сведения об отнесении земель, предназначенных для лесовосстановления, к землям, занятым лесными насаждениями».

** According to the data of the industry reporting form № 11-OIP (annual) «Information on the classification of lands intended for reforestation as lands occupied by forest plantations».

Мероприятиями, направленными на рост приживаемости лесных культур в регионах «критической зоны», являются дополнение и агротехнические уходы за растениями.

В субъектах, относящихся к регионам (Астраханская область, Брянская область, Белгородская область, Ивановская область, Костромская область, Курганская область, Курская область, Ленинградская область, Липецкая область, Республика Адыгея, Республика Крым, Республика Северная Осетия – Алания, Тамбовская область, Тверская область, Ханты-Мансийский автономный округ, Ярославская область) с критическим состоянием дел в области лесовосстановления, рекомендациями предусмотрено увеличение объемов лесовосстановления по площади на период до 2030 г. до уровня выполнения в 100 % по отношению к объемам выбытия лесов. Эти мероприятия должны быть реализованы оперативно, в том числе в целях сокращения площадей лесокультурного фонда за счет ускорения перевода в покрытые лесом площади. Наиболее критичная ситуация складывается в четырех регионах (Магаданская область, Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Калмыкия), в первую очередь ввиду сложности природно-климатических условий для лесопроизрастания. Основная рекомендация – увеличить объемы дополнения лесных культур в первые годы роста, и повысить интенсивность агротехнических и лесоводственных уходов на 150 %.

Необходимо усилить профилактические меры, включая биологическую защиту и борьбу с вредителями.

Анализ данных о поглощении парниковых газов лесными насаждениями, созданными в результате искусственного лесовосстановления к 2020-2024 гг., позволяет дать комплексную оценку результативности лесовосстановительных мероприятий в субъектах, отнесенных к «кри-

тической зоне» – территории с неудовлетворительным состоянием лесного фонда, низкими темпами воспроизводства лесов и высоким риском несостоятельности существующих лесохозяйственных практик.

В рамках оценки сопоставлялись два взаимосвязанных показателя.

1. Модельные оценки поглощения CO_2 , соответствующие объемам посадок лесных культур (2012-2016 гг.), полученные с использованием модели РОБУЛ, учитывающей темпы прироста древесной биомассы и накопления углерода в зависимости от лесорастительных условий и возраста насаждений.

2. Оценочное фактическое поглощение CO_2 насаждениями, переведенными в категорию покрытых лесом земель по данным отраслевой формы отчетности № 11-ОИП, что отражает закрепленный в государственном учете результат лесовосстановления с временным лагом 8-10 лет.

Разность между этими показателями характеризует степень реализации углеродного потенциала мероприятий по лесовосстановлению на уровне региона, т. е. в какой мере ожидаемый углеродный эффект был реализован или утрачен (табл. 3). Практически все регионы демонстрируют отрицательные значения в поглощении CO_2 в результате лесовосстановления, что указывает на системный характер потерь. Наибольшие масштабы расхождений отмечаются в Ленинградской области (-331,9 тыс. т CO_2) и Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (-176,7 тыс. т CO_2), где объем фактического поглощения оказался существенно ниже ожидаемого по расчетным моделям. Указанное несоответствие отражает низкий уровень перевода лесных культур до нормативной категории покрытых лесом земель, вероятно, вследствие низкой приживаемости на ранних стадиях и сохранности лесных культур до этапа завершения лесовосстановления, а также неблагоприятных гидротермических условиях.

Таблица 3 – Реализованное и ожидаемое поглощение CO₂ в результате лесовосстановления в субъектах «критической зоны», тыс. т CO₂
Table 3 – Realized and expected CO₂ absorption as a result of reforestation in the «critical zone» entities, thousand tons of CO₂

Субъекты	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2020-2024 гг.
Астраханская область	-1,10	-1,30	-0,86	-0,77	-0,51	-4,54
Ленинградская область	-72,34	-70,69	-67,03	-63,28	-58,57	-331,90
Республика Крым	-0,28	-0,19	-0,16	-0,22	-0,17	-1,03
Ханты-Мансийский автономный округ	-34,46	-36,87	-32,12	-35,22	-37,99	-176,65
Белгородская область	-1,46	-1,72	-1,15	-0,46	-0,40	-5,19
Брянская область	-17,16	-17,51	-15,20	-13,23	-11,87	-74,97
Ивановская область	-7,74	-9,64	-9,47	-8,51	-7,58	-42,95
Костромская область	-9,65	-8,89	-8,30	-7,89	-7,57	-42,30
Липецкая область	-8,16	-7,65	-6,97	-5,17	-5,57	-33,52
Тамбовская область	-8,86	-6,26	-6,01	-6,27	-6,51	-33,91
Тверская область	-29,07	-26,36	-23,94	-22,76	-23,15	-125,28
Ярославская область	-6,70	-5,12	-5,09	-5,24	-4,87	-27,03
Республика Адыгея	-0,07	-0,03	-0,05	-0,02	-0,05	-0,22
Республика Северная Осетия – Алания	-0,82	-0,50	-0,47	-0,45	-0,42	-2,67
Курганская область	-23,59	-20,62	-19,74	-17,83	-15,79	-97,58
Республика Калмыкия	-22,79	-21,06	-14,56	-18,01	-10,79	-87,20
Ямало-Ненецкий автономный округ	-0,23	-2,97	-4,84	-7,46	-1,59	-17,08
Всего	-244,83	-237,38	-215,96	-212,79	-193,4	-1104,02

В Ленинградской области при относительно устойчивой лесорастительной базе столь значительные потери могут указывать на избыточно оптимистичные допущения модели, связанные с усредненными коэффициентами роста и отсутствием учета заболоченности и нарушения почвенного покрова. В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре существенную роль играет климатический фактор – короткий вегетационный период, низкая плотность насаждений на гарях и сложная структура после пожарных вырубок, где лесные культуры редко достигают нормативного показателя сомкнутости и сохранности через восемь лет.

Ряд областей Центрального федерального округа (ЦФО): Брянская (-74,97 тыс. т), Тверская (-125,28 тыс. т), Костромская (-42,30 тыс. т), Ивановская (-42,95 тыс. т) – демонстрируют умеренные, но устойчиво отрицательные значения по всему пятилетнему периоду наблюдений. Для них характерна стабильная, но

медленная динамика реализации углеродного потенциала: ежегодное сокращение разности от -17 до -11 тыс. т CO₂ в Брянской области и от -29 до -23 тыс. т в Тверской, что отражает постепенную, но неполную компенсацию углеродных потерь в процессе роста насаждений. В этих регионах фактический прирост биомассы, вероятно, остается ниже модельного вследствие ограниченного объема агротехнических уходов и замедленного восстановления породного состава, особенно после санитарных рубок и повреждений насекомыми. Аналогичная тенденция наблюдается в Курганской области (-97,58 тыс. т). Для более южных субъектов: Липецкой (-33,52 тыс. т), Тамбовской (-33,91 тыс. т), Белгородской (-5,19 тыс. т), Астраханской (-4,54 тыс. т) областей – отрицательные значения менее масштабны в абсолютных величинах, но носят устойчивый характер, что может свидетельствовать о недостаточной приживаемости культур в условиях засушливого климата, сезонных

пожаров и повреждений животными. Несмотря на относительно малые площади лесовосстановления, совокупные потери углеродного эффекта указывают на то, что ежегодный вклад в баланс CO_2 в этих регионах не достигает 85 % от потенциально возможного уровня. Для Астраханской и Белгородской областей характерно снижение потерь абсорбции по годам, что может свидетельствовать о постепенном переходе к более адаптивным видам посадочного материала и лучшей агротехнике, однако масштаб этого улучшения все еще не компенсирует совокупные углеродные потери.

Регионы Северного Кавказа: Республика Адыгея (-0,22 тыс. т) и Северная Осетия – Алания (-2,67 тыс. т) – демонстрируют минимальные расхождения, что объясняется малой площадью искусственного лесовосстановления по годам и, вероятно, высокой сохранностью культур благодаря специфике климатических условий и ограниченному антропогенному воздействию. Тем не менее низкие абсолютные показатели поглощения указывают на крайне ограниченный масштаб мероприятий по лесовосстановлению, что делает их влияние на региональный углеродный баланс незначительным.

Отдельного внимания заслуживает Ямало-Ненецкий автономный округ (-17,08 тыс. т). Несмотря на относительно низкие исходные объемы посадок, динамика отрицательной разности остается стабильной на протяжении всего периода 2020-2024 гг. Эти регионы характеризуются экстремальными климатическими условиями, коротким вегетационным сезоном и высокой вероятностью гибели культур на ранних стадиях, что не позволяет в полной мере реализовать их потенциал поглощения углерода даже при корректном выполнении работ.

Совокупный анализ по временной динамике показывает, что разность между ожидаемым и реализованным поглощением CO_2 имеет тенденцию к постепенному сокращению от -244,83 тыс. т в 2020 г. до -193,4 тыс. т в 2024 г., что

свидетельствует о частичном улучшении показателей воспроизводства лесов и некотором повышении результативности лесокультурных мероприятий. Однако даже к концу анализируемого периода совокупное недовыполнение потенциала остается значительным (более 15 % от расчетного объема), что подтверждает необходимость комплексных мер по снижению гибели лесных культур, совершенствованию системы ухода и мониторинга.

Таким образом, результаты анализа позволяют сделать вывод, что лесовосстановительные процессы в субъектах «критической зоны» в целом характеризуются системным недоиспользованием углеродного потенциала искусственных насаждений, что связано как с лесорастительными условиями, так и с организационными и методическими факторами. Для повышения эффективности программ лесовосстановления требуется переход от количественного показателя площадей к оценке результативности перевода и реального углеродного эффекта по принципу учета фактической сохранности насаждений на этапе перевода лесных культур.

Обсуждение и заключение

Рассмотренный методический подход подтвердил целесообразность использования двух показателей – «Доля лесных культур, переведенных в покрытые лесной растительностью земли» и «Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений» для оценки эколого-экономической эффективности мероприятий по воспроизводству природного капитала лесов.

Выявлены регионы с низким уровнем эколого-экономической эффективности мероприятий: Астраханская, Брянская, Белгородская, Ивановская, Костромская, Курганская, Курская, Ленинградская, Липецкая, Астраханская, Тамбовская, Тверская, Ярославская области, Республики Адыгея, Крым, Северная Осетия – Алания, Калмыкия, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий, Чукотский автономные округа, отличающиеся сложными

природно-климатическими и экономическими условиями для лесовыращивания.

Зонирование территорий в разрезе двух показателей – «Доля лесных культур, переведенных в покрытые лесной растительностью земли» и «Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений» – позволило отнести к «критической зоне» 17 субъектов России.

Выполненные для субъектов «критической зоны» расчеты реализованного и ожидаемого поглощения CO₂ в результате лесовосстановления показали наличие отрицательной разности по всем анализируемым регионам за 2020-2024 гг. в размере 1104,02 тыс. т CO₂, что свидетельствует о нереализованном потенциале абсорбции парниковых газов лесными культурами, созданными 8-10 лет назад.

Установлены критически важные закономерности реализации углеродного потенциала лесного сектора на региональном уровне.

1. Субъекты с чрезвычайно высокой долей искусственного лесовосстановления ($\geq 90\%$), преимущественно расположенные в Центрально-Черноземном макрорегионе (например, Белгородская, Липецкая и Тамбовская области), демонстрируют сравнительно низкие абсолютные значения недореализованного углеродного потенциала – от -5,19 до -33,91 тыс. т CO₂ за период 2020-2024 гг. На первый взгляд, такие значения могут свидетельствовать о высокой эффективности лесохозяйственных мероприятий. Однако при более детальном рассмотрении выясняется, что относительно небольшие абсолютные потери обусловлены скромными масштабами самих посадок и, соответственно, низким потенциалом накопления биомассы. Следовательно, невысокий уровень потерь в подобных случаях следует интерпретировать как ограниченность вклада регионов в абсорбцию парниковых газов лесными землями.

2. В ряде субъектов с умеренной долей искусственного лесовосстановления

(в диапазоне 40-69 %) наблюдаются существенные отрицательные отклонения между теоретическим и фактическим углеродным эффектом. Так, в Ленинградской, Костромской, Ивановской и Брянской областях, Ханты-Мансийском автономном округе – Югре совокупные потери достигали от -42 до -332 тыс. т CO₂. Эти регионы характеризуются значительными площадями искусственного лесовосстановления, что объясняет высокий ожидаемый углеродный потенциал. Однако масштабные потери указывают на недостаточность мероприятий по уходу за лесными культурами, их сохранению и, как результат, несвоевременному переводу в покрытую лесом площадь. Особенно это заметно в Ленинградской области, где разность между модельным и фактическим эффектом составляет -331,90 тыс. т CO₂ при средней доле искусственного лесовосстановления. В Тверской области, при доле искусственного лесовосстановления около 50 %, отмечены крупные потери углерода – -125,28 тыс. т CO₂, сопоставимые с регионами, имеющими более значительные площади лесов.

В совокупности полученные результаты подтверждают необходимость смещения управленческого акцента с количественных характеристик (таких как «доля площади лесовосстановления и лесоразведения в площади вырубленных и погибших лесных насаждений») к качественным индикаторам: доля площадей переведенных лесных культур в покрытую лесом площадь в площади исходных созданных лесных культур, сроки и полнота перевода, мониторинг сохранности в горизонте 8-10 лет.

В условиях нарастающего климатического давления и обязательств Российской Федерации по сокращению парниковых газов в рамках международных соглашений подобные индикаторы являются важным условием повышения результативности мероприятий по лесовосстановлению в лесном хозяйстве.

Список литературы

1. Об утверждении Методики расчета показателя «Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений» федерального проекта «Сохранение лесов» национального проекта «Экологическое благополучие»: Приказ Рослесхоза от 03.12.2024 № 902.
2. Башегуров, К. А. Эффективность различных способов лесовосстановления в условиях подзоны северной тайги Западной Сибири : дис. к. с.-х. н. – М., 2024.
3. Гальцов, А. П., Чаплыгина, А. С. Второе совещание по проблеме преобразования климата // Известия АН СССР. Серия географическая. – 1962. – № 5. – С. 184-186.
4. Проблемы мотивации арендаторов лесных участков на использование эффективных методов лесовосстановления в России / К. А. Гулин, С. В. Дианов, М. Б. Антонов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 108-123.
5. Грязькин, А. В. Влияние факторов внешней среды на структуру и состояние подроста // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2000. – № 166. – С. 20-27.
6. Гоф, А. А. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной сеянцами с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая : дис. к. с.-х. н. – М., 2020. – 169 с.
7. Кабонен, А. В., Ольхин, Ю. В. Дешифрирование форм и морфологических особенностей древесных растений на снимках, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов // Экоистемы. – 2019. – № 20 (50). – С. 197-202.
8. Методические аспекты оценки экономической привлекательности участия в климатических проектах по лесовосстановлению и лесоразведению на землях лесного фонда / Е. А. Колесниченко, А. Г. Третьяков, С. С. Морковина, Е. В. Раецкая // Лесотехнический журнал. – 2024. – Т. 14, № 4 (56). – С. 143-156.
9. Константинов, А. В. Сценарный подход к адаптации лесных экосистем Российской Федерации в условиях изменений климата // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2023. – Т. 87, № 4. – С. 558-567.
10. Природно-климатические проекты в России: ключевые проблемы и условия успеха / Н. К. Куричев, А. В. Птичников, Е. А. Шварц, А. Н. Кренке // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2023. – Т. 87, № 4. – С. 619-636.
11. Маштаков, Д. А., Автономов, А. Н. Экономическая и лесоводственная эффективность создания защитных лесных насаждений на крутых склонах в лесостепи // Научная жизнь. – 2019. – № 1. – С. 128-135.
12. Приоритеты научно-технологического развития лесного хозяйства Российской Федерации / А. В. Иванова, С. С. Морковина, Е. А. Панявина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2022. – Т. 10, № 4 (59). – С. 164-180.
13. Научно-методические основы сокращения выбросов и увеличения поглощения парниковых газов лесами при осуществлении лесохозяйственных мероприятий и проектной деятельности (лесоклиматических проектов) в субъектах Российской Федерации / С. С. Морковина, С. М. Матвеев, Н. В. Яковенко, А. Н. Водолажский, И. А. Авдеева [и др.]. – Воронеж, 2023. – 231 с.
14. Панкратова, Н. Н. Методические положения по оценке экономической эффективности воспроизводства лесов на уровне субъектов РФ // Использование и воспроизводство лесных ресурсов на Дальнем Востоке : труды. – Хабаровск, 2016. – Вып. 39. – С. 82-105.
15. Углеродное регулирование как инструмент государственной политики стимулирования глубокой переработки лесного сырья в России / А. И. Пыжев, Р. В. Гордеев, Е. В. Зандер, Ю. И. Пыжева // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2024. – Т. 17, № 6. – С. 1183-1191.

16. Стратегическое планирование развития лесного хозяйства / М. К. Рафаилов, Е. А. Панявина, В. Л. Лопатин. – Воронеж, 2024. – 126 с.

17. Оценка структуры и продуктивности лесов при лесовосстановлении и лесоразведении / Л. Н. Рожков, М. В. Кузьменков, А. П. Кулагин, В. Н. Хомец // Труды БГТУ. Серия 1. Лесное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 115-117.

18. Стрюков, М. Б., Кузьминов, А. Н. Комплексная оценка эффективности лесовосстановления в Ростовской области на основе теории нечетких множеств // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – № 2. – С. 160-164.

19. Лесохозяйственные мероприятия по адаптации растительности к изменению климата / А. М. Тараканов, Е. А. Сурина, А. О. Сеньков // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2017. – № 47. – С. 67-71.

20. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии : нормативно-справочные материалы / А. Швиденко, Д. Щепаченко, С. Нильссон, Ю. Булуй. – 2-е изд. – М., 2008. – 886 с.

21. Bhullar, L. CDM and REDD+: A Comparative Perspective // International Journal of Rural Law and Policy. – 2013. – Vol. 1. – P. 1-8.

22. Strategic Planning as a Tool of Sustainable Forest Management / N. Pryadilina, M. Lobovikov, N. Necheukhina // Wood-EMA 2021 – The Response of Forest-Based Sector to Changes in Global Economy : proceedings of 14th International scientific conference. – Koper, 2021. – P. 75-81.

23. Climate Change Mitigation via Afforestation, Reforestation and Deforestation Avoidance: and What About Adaptation to Environmental Change? / C. Reyer, M. Guericke, P. L. Ibisch // New Forests. – 2009. – Vol. 38, № 1. – P. 15-34.

24. Assessment of Phytomass and Carbon Stock in Ecosystems of Central Forest Steppe of East European Plain: Integrated Approach of Terrestrial Environmental Monitoring and Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles / V. Slavskiy,

S. Matveev, S. Sheshnitsan, D. Litovchenko, M. Larionov [et al.] // Life. – 2024. – Vol. 14, № 5. – Art. 632.

References

1. On Approval of Methodology for Calculating the Indicator «Ratio of the Area of Reforestation and Afforestation to the Area of Felled and Dead Forest Stands» of the federal project «Forest Conservation» of the national project «Environmental Well-Being»: Order of Federal Forestry Agency № 902 from 03.12.2024.

2. Bashegurov, K. Efficiency of Various Reforestation Methods in Conditions of Northern Taiga Subzone of Western Siberia : dis. of Cand. Sci. (Agricultural). – M., 2024. – 234 p.

3. Galtsov, A., Chaplygina, A. Second Meeting on the Problem of Climate Transformation // Proceedings of USSR Academy of Sciences. Geographical Series. – 1962. – № 5. – P. 184-186.

4. Problems of Motivating Forest Plot Tenants to Use Effective Reforestation Methods in Russia / K. Gulin, S. Dianov, M. Antonov // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. – 2019. – Vol. 12, № 1. – P. 108-123.

5. Gryazkin, A. Influence of Environmental Factors on Structure and Condition of Undergrowth // Izvestiya of St. Petersburg Forestry Academy. – 2000. – № 166. – P. 20-27.

6. Gof, A. Efficiency of Establishing Scots Pine Forest Plantations with Container-Grown Seedlings in Ribbon Pine Forests of Altai : dis. of Cand. Sci. (Agricultural). – M., 2020. – 169 p.

7. Kabonen, A., Olkhin, Yu. Interpretation of the Forms and Morphological Features of Woody Plants in Images Obtained Using Unmanned Aerial Vehicles // Ecosystems. – 2019. – № 20 (50). – P. 197-202.

8. Methodological Aspects of Assessing Economic Attractiveness of Participation in Climate Projects for Reforestation and Afforestation on Forest Fund Lands / E. Kolesnichenko, A. Tretyakov, S. Morkovina, E. Raetskaya // Forestry Engineering Journal. – 2024. – Vol. 14, № 4 (56). – P. 143-156.

9. *Konstantinov, A.* Scenario Approach to the Adaptation of Forest Ecosystems of Russian Federation under Climate Change // *Izvestiya of Russian Academy of Sciences. Geographical Series.* – 2023. – Vol. 87, № 4. – P. 558-567.

10. Nature-Based Climate Projects in Russia: Key Problems and Conditions for Success / N. Kurichev, A. Ptichnikov, E. Schwartz, A. Krenke // *Izvestiya of Russian Academy of Sciences. Geographical Series.* – 2023. – Vol. 87, № 4. – P. 619-636.

11. *Mashtakov, D., Avtonomov, A.* Economic and Silvicultural Efficiency of Creating Protective Forest Plantations on Steep Slopes in the Forest-Steppe Zone // *Scientific Life.* – 2019. – № 1. – P. 128-135.

12. Priorities of Scientific and Technological Development of Forestry in Russian Federation / A. Ivanova, S. Morkovina, E. Panyavina // *Current Directions of Scientific Research of the 21st Century: Theory and Practice.* – 2022. – Vol. 10, № 4 (59). – P. 164-180.

13. Scientific and Methodological Foundations for Reducing Emissions and Increasing Greenhouse Gas Absorption by Forests in the Implementation of Forestry Activities and Project Work (Forest Climate Projects) in the Constituent Entities of Russian Federation / S. Morkovina, S. Matveev, N. Yakovenko, A. Vodolazhsky, I. Avdeeva [et al.]. – Voronezh, 2023. – 231 p.

14. *Pankratova, N.* Methodological Provisions for Assessing the Economic Efficiency of Forest Reproduction at the Level of the Constituent Entities of Russian Federation // *Use and Reproduction of Forest Resources in the Far East: proceedings.* – Khabarovsk, 2016. – Issue 39. – P. 82-105.

15. Carbon Regulation as Instrument of State Policy for Stimulating Deep Processing of Forest Raw Materials in Russia / A. Pyzhev, R. Gordeev, E. Zander, Yu. Pyzheva // *Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences.* – 2024. – Vol. 17, № 6. – P. 1183-1191.

16. Strategic Planning for Forestry Development / M. Rafailov, E. Panyavina, V. Lopatin. – Voronezh, 2024. – 126 p.

17. Assessment of Forest Structure and Productivity in Reforestation and Afforestation / L. Rozhkov, M. Kuzmenkov, A. Kulagin, V. Khomets // *Proceedings of BSTU. Series 1. Forestry.* – 2012. – № 1. – P. 115-117.

18. *Stryukov, M., Kuzminov, A.* Comprehensive Assessment of Reforestation Efficiency in Rostov Region Based on Fuzzy Set Theory // *Intellectual Resources for Regional Development.* – 2020. – № 2. – P. 160-164.

19. Forestry Measures for Vegetation Adaptation to Climate Change / A. Taranov, E. Surina, A. Senkov // *Current Problems of Forest Complex.* – 2017. – № 47. – P. 67-71.

20. Tables and Models of Growth and Productivity Dynamics of Stands of the Main Forest-Forming Species of Northern Eurasia: Normative and Reference Materials / A. Shvidenko, D. Shchepashchenko, S. Nilsson, Yu. Buluy. – M., 2008. – 886 p.

21. *Bhullar, L.* CDM and REDD+: A Comparative Perspective // *International Journal of Rural Law and Policy.* – 2013. – Vol. 1. – P. 1-8.

22. Strategic Planning as a Tool of Sustainable Forest Management / N. Pryadilina, M. Lobovikov, N. Necheukhina // *WoodEMA 2021 – The Response of Forest-Based Sector to Changes in Global Economy: proceedings of 14th International scientific conference.* – Koper, 2021. – P. 75-81.

23. Climate Change Mitigation via Afforestation, Reforestation and Deforestation Avoidance: and What About Adaptation to Environmental Change? / C. Reyer, M. Guericke, P. L. Ibach // *New Forests.* – 2009. – Vol. 38, № 1. – P. 15-34.

24. Assessment of Phytomass and Carbon Stock in Ecosystems of Central Forest Steppe of East European Plain: Integrated Approach of Terrestrial Environmental Monitoring and Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles / V. Slavskiy, S. Matveev, S. Sheshnitsan, D. Litovchenko, M. Larionov [et al.] // *Life.* – 2024. – Vol. 14, № 5. – Art. 632.

Об авторах

Морковина Светлана Сергеевна, доктор экономических наук, профессор, проректор по науке и инновациям, зав. кафедрой менеджмента и экономики предпринимательства, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия, tc-sveta@mail.ru.

Иванова Анна Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и экономики предпринимательства, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия, anna_iv_1989@mail.ru

Шешницан Сергей Сергеевич, кандидат биологических наук, руководитель лаборатории мониторинга и проектирования лесов инженерингового центра НИИ Инновационных технологий и лесного комплекса, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия, sheshnitsan@gmail.com.

Гуталь Марко Миливоевич, профессор, доктор наук, проректор по международному сотрудничеству и обеспечению качества, Сельскохозяйственный факультет, Университет Восточного Сараево, Лукавица, Республика Сербская, Босния и Герцеговина, gutaly@yandex.com.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 17.11.2025; одобрена после рецензирования 28.12.2025; принята к публикации 30.01.2026.



Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

© 2026 Морковина С. С., Иванова А. В., Шешницан С. С., Гуталь М. М.

About the Authors

Svetlana Morkovina, Dr. Sci. (Econ.), Doctor of Economics, Professor, Vice-Rector for Science and Innovation, Head of the Department of Management and Economics of Entrepreneurship, Voronezh State Forestry University named after G. Morozov, Voronezh, Russia, tc-sveta@mail.ru.

Anna Ivanova, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Voronezh State Forestry University named after G. Morozov, Voronezh, Russia, anna_iv_1989@mail.ru

Sergey Sheshnitsan, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Forest Monitoring and Planning Laboratory, Engineering Centre of the Research Institute of Innovative Technologies and Forestry Complex, Associate Professor of the Department of Landscape Architecture and Soil Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. Morozov, Voronezh, Russian Federation, sheshnitsan@gmail.com.

Marko Gutalj, Professor, PhD, Vice-Rector for International Cooperation and Quality Assurance, Faculty of Agriculture, University of East Sarajevo, Lukavica, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, gutaly@yandex.com.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

The article was submitted on 17.11.2025; approved after reviewing on 28.12.2025; accepted for publication on 30.01.2026.



This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

© 2026 S. Morkovina, A. Ivanova, S. Sheshnitsan, M. Gutalj