

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕАЛИЗАЦИИ ЛЕСОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

С.С. Морковина[✉], Н.Н. Харченко, А.В. Иванова,
Д.К. Кузнецов, С.С. Шешниан

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ),
Россия, 39408, Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

tc-sveta@mail.ru

Рассмотрены вопросы оценки детерминизма лесорастительных условий при определении потенциала и эколого-экономической эффективности реализации лесоклиматических проектов в рамках развития низкоуглеродной экономики. Охарактеризованы основные теоретические и методологические положения, используемые при определении эффективности реализации лесоклиматических проектов. Определены основные типы лесорастительных условий, влияющие на эколого-экономическую эффективность реализации лесоклиматических проектов. Установлены коэффициенты углеродоемкости инвестиционных затрат как интегральные показатели эффективности лесоклиматических проектов. Выявлен наибольший экономический потенциал лесных участков, отличающихся оптимальными лесорастительными условиями, т. е. дубрав и судубрав Центральной лесостепной зоны для реализации лесоклиматических проектов по лесовосстановлению на гарях и вырубках. Определены значения коэффициентов углеродоемкости инвестиционных затрат для наиболее эффективных лесоклиматических проектов по лесовосстановлению и лесоразведению. Показана широкая перспектива реализации лесоклиматических проектов в Центральной лесостепи России. Указана необходимость развития процессов регулирования лесоклиматических проектов с помощью национального стандарта проектной деятельности.

Ключевые слова: лесоклиматические проекты, коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат, лесорастительные условия, развитие низкоуглеродной экономики, поглощение парниковых газов

Ссылка для цитирования: Морковина С.С., Харченко Н.Н., Иванова А.В., Кузнецов Д.К., Шешниан С.С. Эколого-экономические модели реализации лесоклиматических проектов в Центральной лесостепи // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 6. С. 5–20.

DOI: 10.18698/2542-1468-2025-6-5-20

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью выявления факторов, обеспечивающих максимизацию эффективности реализации лесоклиматических проектов. Среди основных задач развития низкоуглеродной экономики в Российской Федерации важное значение имеет осуществление природно-климатических решений, обеспечивающих сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов в первую очередь лесными экосистемами.

Общая поглащающая способность российских лесов в рамках Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов и их абсорбции поглотителями за 1990–2023 гг. [1], оценивается в объемах более 1 Гт СО₂-экв. В связи с возможностью включения природно-климатических решений

в Определяемый на национальном уровне вклад Российской Федерации в рамках реализации Парижского соглашения от 12 декабря 2015 года [2], значение лесоклиматических проектов в достижении национальных целевых показателей баланса углерода в экономике оценивается высоко [3].

Осуществление мероприятий, направленных на развитие низкоуглеродной экономики в области лесного хозяйства, предусмотрено и стратегическими документами [4]. Все мероприятия по сохранению лесов в официальных документах признаны действиями по сокращению выбросов и увеличению поглощения парниковых газов.

Формирование условий для реализации в России лесоклиматических проектов завершилось в конце 2024 г., когда соответствующим законом были внесены изменения в Лесной кодекс Российской Федерации, позволяющие заключать с федеральными органами власти

Таблица 1

Лесоклиматические проекты в России
Forest climatic projects in Russia

Название проекта	Объемы сокращения выбросов, тонн CO ₂ -экв.	Период реализации проекта	Место реализации	Мероприятия проекта
Увеличение поглощения парниковых газов за счет реализации климатического проекта на территории Поронайского лесничества Сахалинской области	1 515 282	01.09.2023–01.09.2102	Сахалинская область, Поронайское лесничество, земли лесного фонда	Лесоразведение
Авиационная охрана от пожаров лесного участка на территории Нижне-Енисейского лесничества, Сымского участкового лесничества, поселок Ярцево, Красноярский край, Россия	5 152 843	19.07.2019–19.10.2033	Нижне-Енисейское лесничество, Сымское участковое лесничество Красноярского края	Охрана лесов от пожаров
Создание углерододепонирующих насаждений в рамках программы «Зеленая формула» в Республике Татарстан, Нижегородской области, Тюменской области	49 394	16.09.2022–16.09.2062	Дзержинское городское лесничество, Аромашевское участковое лесничество, Нижнекамск	Лесовосстановление и лесоразведение

соглашения о реализации лесоклиматического проекта [5]. Таким образом, в России создана институциональная основа для осуществления проектной деятельности в лесах. Природно-климатические решения реализовывались в России еще до внесения указанных изменений в лесное законодательство в рамках общего регулирования климатических проектов [6], а также с учетом критериев отнесения проектной деятельности к категории климатических проектов [7].

К концу 2024 г. в России в стадии реализации находились три лесоклиматических проекта, зарегистрированных в Реестре углеродных единиц [8] (табл. 1).

Представленные лесоклиматические проекты (см. табл. 1) позволяют сделать вывод о том, что общий вклад природно-климатических решений в развитие низкоуглеродной экономики России составляет более 6,7 Мт CO₂-экв. Вместе с тем общие эффекты лесоклиматических проектов не ограничиваются сокращением выбросов и увеличением поглощения парниковых газов.

Л. Милес [9] отмечает, что общий потенциал смягчения последствий климатических изменений в природных экосистемах достаточно согласован и варьируется от 3,4 Гт CO₂-экв. в 2030 г. до 4,6 Гт CO₂-экв. в 2050 г. Эти выводы дополнены пояснениями, в которых показано, что природно-климатические решения, связанные с лесными экосистемами, обеспечивают от 58 до 65 % сокращения выбросов и увеличения поглощения парниковых газов.

Причем, по оценкам Ж. Коргу [10] реализация указанных природно-климатических решений возможна в области как восстановления лесных ландшафтов, так и управления лесами. Несмотря на критику лесоклиматических проектов, изложенную, например, в работе К. Файлер [11], которые реализуются в рамках добровольных углеродных стандартов, нет сомнения в том, что не следует относить соответствующие критические замечания к национальным углеродным рынкам ввиду различия регулирования процедур подготовки и реализации проектной деятельности.

Реализация лесоклиматических проектов наряду с дополнительным сокращением выбросов и увеличением поглощения парниковых газов, предусматривает следующие эффекты:

- экосистемные (экологические) эффекты, связанные прежде всего с водоохранными функциями и поддержанием гидрологического баланса, трансфером веществ, сохранением биоразнообразия [12];
- экономические эффекты, связанные с сохранением ликвидной древесины, иных лесных ресурсов, а также с повышением продуктивности сельского хозяйства [13];
- социальные эффекты, связанные с обеспечением рабочих мест для населения [14], развитием туризма и рекреации, а также с формированием условий для организации научной и образовательной деятельности на лесных участках, вовлеченных в реализацию лесоклиматических проектов.

Таблица 2

**Характеристика лесного фонда субъектов Центральной лесостепи
Европейской части России**

Characteristics of the constituent territories' Central forest-steppe fund in the European part of Russia

Показатель	Белгородская область	Воронежская область	Курская область	Липецкая область	Тамбовская область
Общая площадь лесов, га	230,8	475,9	236,8	180,4	374,8
Площадь лесных земель, га	223,1	381,4	224,2	169,6	349,1
Лесистость, %	8,7	8,3	8,2	8,7	10,6
Площадь земель, покрытых лесной растительностью, тыс. га	219,8	349,9	219,8	165,2	342,3
Общий запас насаждений, млн м ³	47,14	61,84	40,55	33,13	65,92
Средний возраст, лет	71	60	58	61	52
Бонитет	2,3	2,3	2,5	1,5	1,6

Таким образом, реализация лесоклиматических проектов посредством экологических, экономических и социальных эффектов способствует развитию российской низкоуглеродной экономики [15], а также устойчивому управлению лесами. На этом основании можно заключить, что множественные эффекты от реализации лесоклиматических проектов будут способствовать повышению научного, образовательного, рекреационного и иного потенциала лесных участков, включенных в границы проектной деятельности. При этом все представленные эффекты относятся, скорее, к экстерналиям проектной деятельности и поэтому подлежат отдельному исследованию.

Следует установить эффективность реализации лесоклиматических проектов на основе их интегрального непосредственного эффекта, что позволило бы объединить экологические результаты проекта и его финансовую сторону.

В настоящее время в научном сообществе дискутируется вопрос определения основных условий, при которых может быть достигнута максимальная эффективность лесоклиматического проекта. Предполагается, что они могут эффективно реализовываться как на землях лесного фонда, так и на землях иных категорий, в том числе на нарушенных землях. Факторами, определяющими эффективность проектов, называют следующие: местоположение для реализации лесоклиматического проекта (природно-климатические условия) [16]; границы и масштаб проекта, уровень инвестиционных затрат на него [17, 18]; перечень мероприятий [19–21] и состав лесных насаждений в границах проекта [22]; соблюдение правил и процедур подготовки и реализации проекта [23]; базовая линия [24]; проектный сценарий, методология и др.

Для выявления взаимосвязей между перечисленными факторами необходимо на основе модельных проектов с учетом существующих методик оценки эффективности определить влияние одного или нескольких из них на эффективность всего проекта.

Цель работы

Цель работы — оценка влияния эколого-экономических и лесоводственных факторов на эффективность реализации модельных лесоклиматических проектов на землях лесного фонда в Центральной лесостепи.

Материалы и методы

Исследование эколого-экономической эффективности лесоклиматических проектов проводилось в региональных системах лесного хозяйства на землях лесного фонда Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей в Центральной лесостепи Европейской части России. Характеристика лесного фонда этих субъектов, составленная на основе данных Государственного лесного реестра по состоянию на 01.01.2023 г. (табл. 2).

Одним из факторов, отражающих уровень эффективности лесоклиматических проектов, выступает место его реализации, природно-климатические условия. В лесном деле они интерпретируются как лесорастительные условия. Исходя из определения типа лесорастительных условий, данного В.Н. Сукачевым, были использованы соответствующие классификации, определяющие однородные комплексы прямодействующих на растительность природных факторов (табл. 3).

Основой для проведения указанной оценки эколого-экономической эффективности лесо-

Т а б л и ц а 3

**Типы лесорастительных условий
Центральной лесостепи Европейской
части России**

**Forest growing conditions types of the Central
forest-steppe in the European part of Russia**

Тип лесорас- тительных условий	Описание	Породный состав насаждений (для мо- дельных лесоклиматиче- ских проектов) на 1 га
A1	Сухой бор	5С4Караган1В
A2	Свежий бор	5С3В2Караган
B2	Свежая суборь	3С3Б2Т2ДК
C2	Свежая судубрава	4Дчер3Т3С
D2	Свежая дубрава	5Дчер2Кл3Т

Примечание. 5 сосны 4 карагана древовидная 1 вяз;
5 сосна 3 вяз 2 карагана древовидная; 3 сосна 3 береза
2 тополь 2 дуб красный; 4 дуб черешчатый 3 тополь
3 сосна; 5 дуб черешчатый 2 клен 3 тополь.

климатических проектов служит использование коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат [25] — C_{cii} . Это относительный показатель, представляющий собой частное от деления экологического эффекта в виде объемов сокращения выбросов (увеличения поглощения парниковых газов), на инвестиционные затраты для проведения лесохозяйственных мероприятий, направленных на достижение эффекта, определяемого по формуле

$$C_{cii} = S_c / C_c,$$

где S_c — суммарный объем поглощенного углерода, приведенный к n -му году, тонн СО₂-экв.;

C_c — текущие затраты на проведение мероприятий, приведенные к n -му году, тыс. руб.

Коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат рассчитывался по каждому климатическому проекту на землях лесного фонда (лесовосстановление на горельниках, лесовосстановление на вырубках, лесоразведение) для шести разных типов лесорастительных условий (ТЛУ): сухих борах, свежих боров, субборов, дубрав и судубрав в Центральной лесостепи Европейской части России (A1; A2; B2; D2; C2).

Для принятия решения в пользу климатического проекта по лесовосстановлению и лесоразведению на землях лесного фонда на данной территории исходили из значения коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат, составляющего > 1 .

При сравнении разных коэффициентов углеродоемкости инвестиционных затрат наиболее эффективным считали проект с большим значением коэффициента, обусловленным меньшими инвестиционными затратами или большим объемом поглощения парниковых газов по результатам реализации проекта.

При определении инвестиционных затрат на реализацию лесного климатического проекта применяли нормативный подход, дающий более надежные цели, чем в случае, когда нормативы издержек отсутствуют [26] и использовали приказ Рослесхоза № 607 [27]. Для такого подхода характерно наличие методики расчета нормативных затрат, которая включает в себя непосредственно расчетную формулу, краткое описание расчетов, а также при необходимости дополнительные коэффициенты с соответствующим обоснованием их значений.

Для условий Центральной лесостепи и с учетом установленных критерии было сформировано 15 моделей лесоклиматических проектов с учетом ТЛУ и породного состава создаваемых насаждений для каждого из видов климатических проектов: лесовосстановления на вырубках, лесовосстановления на деградированных почвах по результатам лесных пожаров и лесоразведения. Были установлены инвестиционные затраты при реализации лесоклиматических проектов (базовая и проектная линии) в условиях Центральной лесостепи (табл. 4).

Для прогнозной оценки секвестрации углерода использовалась модель CO2FIX версии 3.2 [28]. В настоящем исследовании основное внимание было уделено модулям биомассы и почвы, в то время как дополнительные модули (продукты, биоэнергия, финансирование и учет углерода) не были задействованы. Данные для параметризации модели были получены из нескольких источников (табл. 5).

В качестве исходных данных для древостоев были использованы таблицы хода роста модельных насаждений соответствующих древесных пород для экорегионов зоны смешанных и лиственных лесов, а также лесостепи, и соответствующие таблицы биологической продуктивности [29].

Для смешанных насаждений текущий годичный прирост рассчитывался как средневзвешенное значение текущего прироста отдельных древесных пород, где в качестве весового коэффициента использовалась доля древесных пород в составе. Относительный прирост ствола, листьев, ветвей и корней сосны, березы, дуба, клена был также рассчитан на основе данных таблиц биологической продуктивности

Таблица 4

**Инвестиционные затраты при реализации лесоклиматических проектов
(базовая и проектная линии) в условиях Центральной лесостепи
Европейской части России**

**Investment outlay for the forest climatic projects (base and design lines) implementation
in the Central forest-steppe of the European part of Russia**

Тип лесорастительных условий	Породный состав создаваемых насаждений (проектный сценарий)	Базовый сценарий, руб./га	Проектный сценарий, руб./га
Лесовосстановление на вырубках			
A ₁	5С4Караган1В	158 125,88	191 275,98
A ₂	5С3В2Караган	158 125,88	186 327,62
B ₂	3С3Б2Т2ДК	175 528,55	203 920,67
C ₂	4Дчер3Т3С	196 460,71	216 081,13
D ₂	5Дчер2Кл3Т	196 460,71	215 295,15
Лесовосстановление на гарях			
A ₁	5С4Караган1В	161 329,32	208 456,72
A ₂	5С3В2Караган	161 329,32	203 508,36
B ₂	3С3Б2Т2ДК	177 843,49	220 153,81
C ₂	4Дчер3Т3С	200 167,57	233 735,70
D ₂	5Дчер2Кл3Т	200 167,57	232 918,50
Лесоразведение			
A ₁	5С4Караган1В	–	126 750,20
A ₂	5С3В2Караган	–	121 808,34
B ₂	3С3Б2Т2ДК	–	134 301,90
C ₂	4Дчер3Т3С	–	156 021,80
D ₂	5Дчер2Кл3Т	–	155 229,32

Примечание. 5 сосна 4 карагана древовидная 1 вяз; 5 сосна 3 вяз 2 карагана древовидная; 3 сосна 3 береза 2 тополь 2 дуб красный; 4 дуб черешчатый 3 тополь 3 сосна; 5 дуб черешчатый 2 клен 3 тополь.

Таблица 5

Параметры для оценки динамики лесных насаждений

Parameters for assessing forest stand dynamics

Параметр	Сосна	Береза	Дуб	Клен	Тополь	Вяз	Карагана
Плотность древесины, т/м ³	0,42	0,51	0,58	0,52	0,46*	0,55	0,46
Содержание углерода в стволовой древесине, т С/т сух. в-ва	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Содержание углерода в листьях, т С/т сух. в-ва	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45
Содержание углерода в ветвях, т С/т сух. в-ва	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Содержание углерода в корнях, т С/т сух. в-ва	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Скорость обновления листьев, год ⁻¹	0,18	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Скорость обновления ветвей, год ⁻¹	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Скорость обновления корней, год ⁻¹	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

соответствующих древесных пород для лесостепной зоны. Для тополя характеристики текущего прироста получены из работы [30]. Данные по текущему приросту вяза получены из работы [31], а относительный прирост остальных компонентов фитомассы рассчитан по данным работы [32]. Данные по текущему приросту караганы и фракций ее фитомассы получены и рассчитаны на основе работы [33].

Результаты и обсуждение

Коэффициенты углеродоемкости инвестиционных затрат реализации климатических проектов по лесовосстановлению на гарях в Центральной лесостепи Европейской части Российской Федерации варьируют от 0,549 до 1,502 т CO₂-экв./тыс. руб. на 1 га.

При проведении компартиативного анализа полученных результатов было установлено, что с точки зрения ТЛУ наименее эффективными являются модельные проекты, осуществляемые в пределах условий А1 и А2, поскольку по истечению 45-летнего периода реализации лесоклиматических проектов коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат не превышает 1 — от 0,549 до 0,710 т CO₂-экв./тыс. руб. При этом наименее эффективны модельные проекты на территории Курской области по всем ТЛУ — 0,549 т CO₂-экв./тыс. руб. по А1; 0,609 т CO₂-экв./тыс. руб. по А2.

Наибольшей эффективностью обладают модельные лесоклиматические проекты, реализуемые на территории ТЛУ D2 — по всем регионам от 1,400 до 1,502 т CO₂-экв./тыс. руб. С точки зрения регионального анализа наибольшая эффективность прогнозируется для лесоклиматических проектов на территории Тамбовской области — 1,502 т CO₂-экв./тыс. руб. для D2; 1,255 т CO₂-экв./тыс. руб. для В2; 1,462 т CO₂-экв./тыс. руб. для С2.

При рассмотрении детализированных оценок коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат необходимо отметить следующее. По ТЛУ А1 эффективность реализации модельных лесоклиматических проектов практически на одинаковом уровне находится в Липецкой и Тамбовской областях — 0,671 и 0,679 т CO₂-экв./тыс. руб. соответственно, а также в Воронежской и Орловской областях — 0,612 и 0,618 т CO₂-экв./тыс. руб.

По ТЛУ А2 наблюдается аналогичная ситуация в Липецкой и Тамбовской областях — 0,702 и 0,710 т CO₂-экв./тыс. руб. При этом примерно на равном уровне находятся соответствующие коэффициенты в Белгородской, Воронежской и Орловской областях. По ТЛУ В2 ситуация в

Липецкой и Тамбовской областях сохраняется, тогда как имеет место соответствие коэффициентов углеродоемкости инвестиционных затрат уже в Воронежской и Курской областях. При этом могут быть соотнесены друг с другом коэффициенты, рассчитанные для Белгородской и Орловской областей.

В части ТЛУ С2 коэффициенты углеродоемкости инвестиционных затрат идентичны для Белгородской и Орловской областей, иные регионы Центральной лесостепи могут быть объединены в две группы по оценкам соответствующих коэффициентов — в первой из них Воронежская и Курская область, во второй — Липецкая и Тамбовская область. Для ТЛУ D2 сильное соответствие расчетных коэффициентов не характерно, хотя оно и сохраняется для Липецкой и Тамбовской областей.

При проведении оценок коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат для различных типов лесорастительных условий в части лесоклиматических проектов по лесовосстановлению на гарях, установлено, что повышенной эффективностью обладают модельные проекты, реализуемые в рамках 45-летнего периода в рамках ТЛУ В2, С2, D2. При этом наименьшая эффективность для таких проектов наблюдается на территориях с ТЛУ А1 и А2 (рис. 1).

Коэффициенты углеродоемкости по отдельным затратам реализации климатических проектов по лесовосстановлению на вырубках в Центральной лесостепи варьируют в 45-летнем периоде от 0,599 до 1,624 т CO₂-экв./тыс. руб. на 1 га.

При проведении компартиативного анализа полученных результатов было установлено, что с точки зрения ТЛУ наименее эффективны модельные проекты, осуществляемые на территории ТЛУ А1 и А2, поскольку по истечении 45-летнего периода реализации лесоклиматических проектов коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат не превышает 1 — от 0,599 до 0,776 т CO₂-экв./тыс. руб. С точки зрения регионального анализа на территории Курской области по всем ТЛУ так же, как и для горельников, оценены наименее эффективные лесоклиматические проекты — 0,599 т CO₂-экв./тыс. руб. по ТЛУ А1; 0,665 т CO₂-экв./тыс. руб. по ТЛУ А2. Необходимо отметить, что коэффициенты углеродоемкости инвестиционных затрат для модельных лесоклиматических проектов по лесовосстановлению на вырубках выше, чем аналогичные коэффициенты для модельных проектов на гарях.

Наибольшей эффективностью, обладают модельные лесоклиматические проекты, ре-

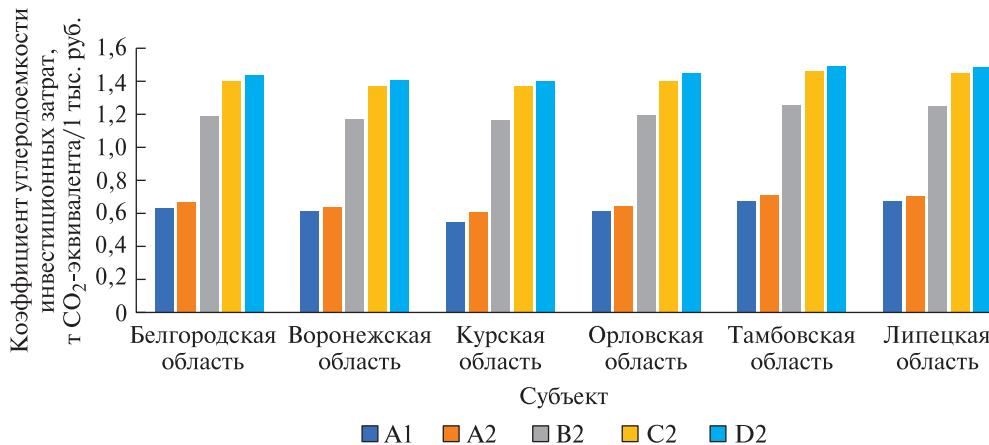


Рис. 1. Коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат по различным типам лесорастительных условий для модельных лесоклиматических проектов по лесовосстановлению на гарях

Fig. 1. Carbon intensity coefficient of investment outlay for different types of forest growing conditions for model forest-climatic projects for burnt areas reforestation

ализуемые на территории, на которой распространен ТЛУ D2 — по всем регионам от 1,259 до 1,624 т СО₂-экв./тыс. руб.). С точки зрения регионального анализа наибольшая эффективность так же, как и для проектов на гарях, прогнозируется на территории Тамбовской области — 1,624 т СО₂-экв./тыс. руб. для ТЛУ D2; 1,355 т СО₂-экв./тыс. руб. для B2; 1,581 т СО₂-экв./тыс. руб. для C2.

При рассмотрении детализированных оценок коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат отметим следующее. По ТЛУ A1 эффективность реализации модельных лесоклиматических проектов находится практически на одинаковом уровне в Липецкой и Тамбовской областях — 0,731 и 0,740 т СО₂-экв./тыс. руб. соответственно, а также в Воронежской и Орловской областях — 0,667 и 0,673 т СО₂-экв./тыс. руб.

По ТЛУ A2 наблюдается аналогичная ситуация в Липецкой и Тамбовской областях — 0,767 и 0,776 т СО₂-экв./тыс. руб. Примерно на равном уровне находятся соответствующие коэффициенты в Воронежской и Орловской областях. По ТЛУ B2 ситуация в Липецкой и Тамбовской областях сохраняется, тогда как имеет место соответствие коэффициентов углеродоемкости инвестиционных затрат уже в Воронежской и Курской областях практически на одинаковом уровне. Можно соотнести коэффициенты, рассчитанные для Белгородской и Орловской областей.

В пределах ТЛУ C2 наблюдаются равные коэффициенты углеродоемкости инвестиционных затрат в Воронежской и Курской областях, а также в Белгородской и Орловской областях.

При проведении оценок коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат для различных ТЛУ в части лесоклиматических проектов по лесовосстановлению на вырубках установлено, что повышенной эффективностью обладают модельные проекты, реализуемые в рамках 45-летнего периода в пределах ТЛУ B2, C2, D2. Наименьшая эффективность для таких проектов наблюдается в пределах ТЛУ A1 и A2 (рис. 2).

Коэффициенты углеродоемкости по отдельным затратам реализации климатических проектов по лесоразведению в Центральной лесостепи варьируют в 45-летнем периоде от 0,903 до 2,249 т СО₂-экв./тыс. руб. на 1 га.

При проведении компартиативного анализа полученных результатов было установлено, что с точки зрения ТЛУ наименее эффективны модельные проекты, осуществляемые в пределах ТЛУ A1 в Курской области, поскольку по истечении 45-летнего периода реализации лесоклиматических проектов коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат не превышает 1 (0,903 т СО₂-экв./тыс. руб.). С точки зрения регионального анализа, территория Курской области остается регионом, в котором реализация лесоклиматических проектов будет менее эффективна. Отметим, что лесоклиматические проекты по лесоразведению показывают существенно большую эффективность, чем аналогичные проекты по лесовосстановлению, что свидетельствует о более широких перспективах реализации таких проектов в Центральной лесостепи.

Рассчитанные коэффициенты варьируют в разных ТЛУ:

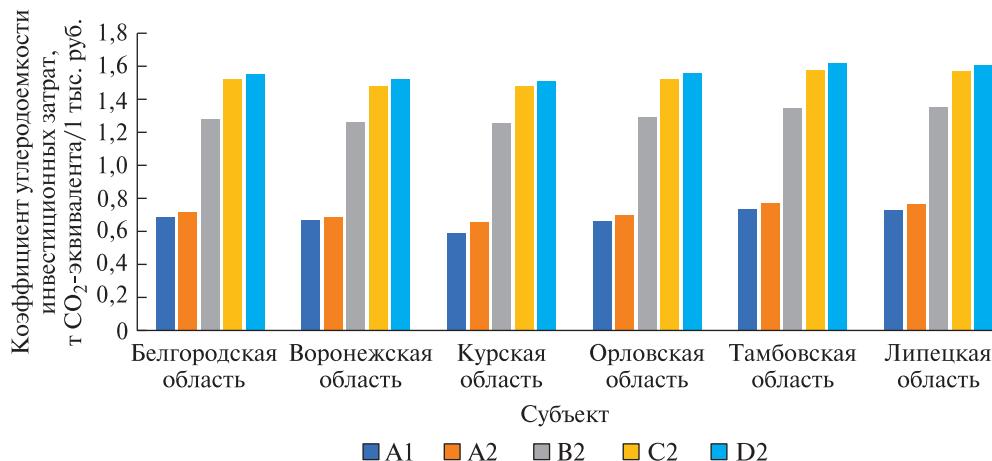


Рис. 2. Коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат по различным типам лесорастительных условий для модельных лесоклиматических проектов по лесовосстановлению на вырубках

Fig. 2. Carbon intensity coefficient of investment outlay for different types of forest growing conditions for model forest climatic projects for reforestation in clear-cut areas

- в Белгородской области: от 1,042 (A1) до 2,161 (B2), т СО₂-экв./тыс. руб.;
- в Воронежской области: от 1,007 (A1) до 2,117 (D2), т СО₂-экв./тыс. руб.;
- в Курской области — от 0,903 (A1) до 2,098 (D2), т СО₂-экв./тыс. руб.;
- в Орловской области — от 1,016 (A1) до 2,167 (D2), т СО₂-экв./тыс. руб.;
- в Тамбовской области — от 1,117 т (A1) до 2,249 (D2), т СО₂-экв./тыс. руб.;
- в Липецкой области — от 1,104 (A1) до 2,239 (D2), т СО₂-экв./тыс. руб.

Сравнительно большей эффективностью обладают модельные лесоклиматические проекты, реализуемые на территории, на которой распространен ТЛУ D2 (по всем регионам от 2,098 до 2,167 т СО₂-экв./тыс. руб.). С точки зрения регионального анализа наибольшая эффективность также наблюдается на территории Тамбовской области (2,249 т СО₂-экв./тыс. руб. для ТЛУ D2), по B2 — 2,057 т СО₂-экв./тыс. руб., по C2 — 2,193 т СО₂-экв./тыс. руб. Отметим повышенную эффективность реализации лесоклиматических проектов по лесоразведению на территории Белгородской области в ТЛУ B2.

Распределение коэффициентов углеродоемкости инвестиционных затрат по ТЛУ в целом совпадает с проектами по лесовосстановлению на гарях и на вырубках. Вместе с тем коэффициенты углеродоемкости инвестиционных затрат для лесоклиматических проектов по лесоразведению кратно превышают аналогичные коэффициенты для мероприятий по лесовосстановлению. Так, практически для всех ТЛУ характерна высокая эффективность

проектов — коэффициенты углеродоемкости инвестиционных затрат > 1.

Представленные оценки свидетельствуют о том, что при выборе конкретного лесного участка для реализации того или иного лесоклиматического проекта следует учитывать ТЛУ, проектируемое поглощение парниковых газов, инвестиционные затраты, а также местоположение территории для реализации проекта, так как проектируемое поглощение парниковых газов прямо зависит от ТЛУ лесного участка.

Для проектов по лесоразведению характерна нулевая базовая линия, поскольку такие проекты реализуются на территориях, где ранее лес не произрастал. Несмотря на некоторые особенности при определении на нелесных землях прогнозируемого ТЛУ, внесение соответствующих данных в проектную документацию позволит обеспечить прозрачный и точный расчет проектного сценария поглощения парниковых газов.

При проведении оценок коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат для различных ТЛУ в части лесоклиматических проектов по лесоразведению определено, что модельные проекты, реализуемые в рамках 45-летнего периода в пределах практических ТЛУ, обладают повышенной эффективностью, за исключением одного из регионов, расположенного в ТЛУ A1 (рис. 3). Все коэффициенты углеродоемкости инвестиционных затрат при этом превышают соответствующие коэффициенты для лесоклиматических проектов по лесовосстановлению на гарях и вырубках в 2 раза. Учитывая, что проекты, связанные с абсорбией парниковых газов при

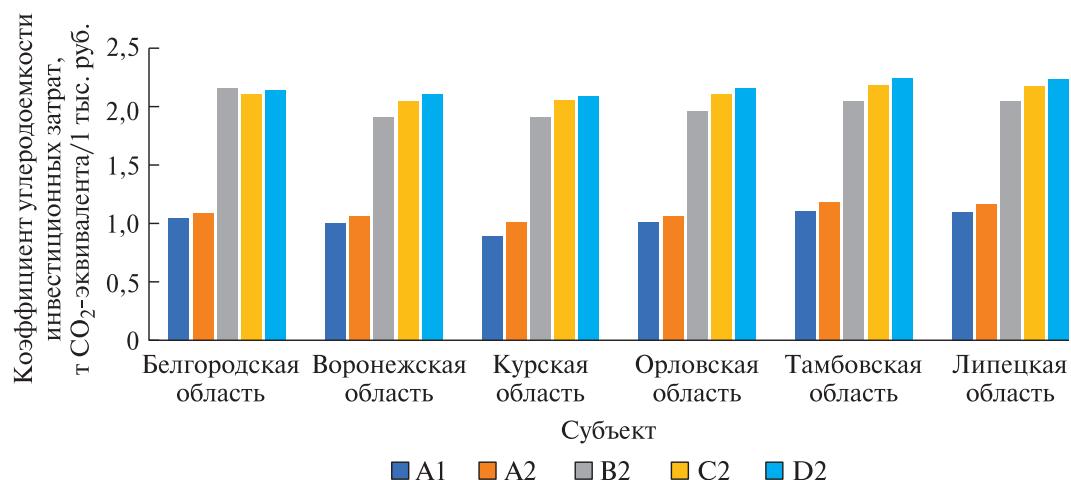


Рис. 3. Коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат по различным типам лесорастительных условий для модельных лесоклиматических проектов по лесоразведению

Fig. 3. Carbon intensity coefficient of investment outlay for different types of forest growing conditions for model afforestation climatic projects

лесоразведении, являются долгосрочными, их инвестиционная привлекательность проектов перспективнее по сравнению с проектами по лесовосстановлению, хотя оба этих типа проектов в пределах различных ТЛУ могут иметь высокую эффективность.

Приведенные в рамках настоящего исследования оценки коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат позволяют обеспечить объективность инвестиционных решений участниками проектной деятельности, сформировать условия для качественного и количественного анализа ТЛУ в целях максимизации эффективности лесоклиматических проектов.

Некоторые исследователи указывают, что в краткосрочном периоде реализация лесоклиматических проектов по повышению поглощающей способности лесов может привести к дополнительным выбросам парниковых газов и снижению объемов выпуска углеродных единиц [34].

Судя по расчетным оценкам в модельных проектах может возникнуть конкуренция между лесоклиматическими проектами, что приведет к снижению конкурентоспособности одного проекта перед другим. Лесовосстановление и лесоразведение рассматриваются как приоритетные сферы реализации лесоклиматических проектов российскими исследователями [35].

Отдельными исследователями указывается, что развитие углеродного рынка должно быть сопряжено с развитием стимулирующих мер ввиду мягкого подхода к регулированию выбросов парниковых газов [36], среди которых авторы называют, например, «зеленое» финансирование [37]. Крупные компании-эмитенты

парниковых газов при принятии решений в рамках углеродного рынка могут руководствоваться положительными эффектами от улучшения имиджа и формирования репутации экологически ответственных компаний [38]. При этом в качестве перспектив развития углеродного регулирования исследователи называют международное признание российского углеродного рынка [39, 40], что позволит существенно изменить отношение к реализации лесоклиматическим проектам как к основному механизму компенсации выбросов парниковых газов в рамках международного сотрудничества.

Необходимость формирования собственных ESG-стратегий [41] делает лесоклиматические проекты перспективным направлением для инвестиций бизнес-сообщества, а, следовательно, приводит к целесообразности развития рынков осуществления проектной деятельности в различных лесорастительных условиях, в том числе в рамках научно-исследовательской деятельности (карбоновые полигоны и фермы [42], модельные леса [43]) как проектов-прототипов, практики которых могут быть распространены на большие территории.

Выводы

Итоговые характеристики модельных лесоклиматических проектов показывают некоторый аспект географического, в данном случае лесорастительного, детерминизма результатов проектов, связанных с абсорбцией парниковых газов на основании оценок коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат. Осущест-

вление инвестиционного анализа для принятия решения о реализации лесоклиматического проекта напрямую зависит от качества проработки вопроса натурной оценки ТЛУ, прогнозируемого уровня поглощения парниковых газов, а также проектируемых инвестиционных затрат.

Создание условий для реализации лесоклиматических проектов в лесах России, по крайней мере, в Центральной лесостепи, позволит в условиях декарбонизации экономики выявить территории, обладающие наибольшим для этого потенциалом. Кроме того, они должны характеризоваться высоким проектным поглощением парниковых газов, наименьшими затратами на реализацию проектов или наибольшим значением коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат.

Выполненные расчеты демонстрируют потенциал реализуемых проектов по лесовосстановлению в ТЛУ В2, С2, D2, высокий потенциал по лесоразведению во всех ТЛУ, однако только в условиях долгосрочных перспектив (45 лет).

В целях развития низкоуглеводного лесного хозяйства в пределах Центральной лесостепи рекомендуется проведение следующих мероприятий и работ:

- установление эффективных моделей лесовосстановления и лесоразведения для осуществления работ в рамках проектной деятельности;

- определение оптимальной методологической основы оценки выбросов, поглощений и «утечек» углерода в ходе реализации проектов;

- оптимизация процедур оценки эффективности лесоклиматических проектов, позволяющих повысить эффективность не только непосредственно проектов, но и процессов их моделирования, а также разработки проектной документации.

Представленные рекомендации обеспечат усовершенствование институциональных условий осуществления проектной деятельности применительно к лесам, в том числе в части разработки национального стандарта реализации лесоклиматических проектов, который будет способствовать методическому обеспечению проектной деятельности и значительно упростит подготовку проектной документации.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUR-2024-0001 «Эколого-экономические модели и организационный механизм устойчивого развития лесного хозяйства в Центральной лесостепи Европейской части Российской Федерации в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки»).

Список литературы

- [1] Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2023 гг. URL: <https://unfccc.int/documents/646536> (дата обращения 18.05.2025).
- [2] Определяемый на национальном уровне вклад Российской Федерации в рамках реализации Парижского соглашения от 12 декабря 2015 года. URL: <https://unfccc.int/NDCREG> (дата обращения 30.05.2025).
- [3] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402894476/> (дата обращения 20.04.2025).
- [4] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 г. № 312-р «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400235155/> (дата обращения 30.05.2025).
- [5] Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения 14.04.2025).
- [6] Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (дата обращения 16.05.2025).
- [7] Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 248 «Об утверждении критерии и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта». URL: <https://base.garant.ru/404769817/> (дата обращения 23.04.2025).
- [8] Реестр углеродных единиц. URL: <https://carbonreg.ru/ru/> (дата обращения 22.05.2025).
- [9] Miles L., Agra R., Sengupta S., Vidal A., Dickson B. Nature-based solutions for climate change mitigation. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP), 2021, 35 p.
- [10] Corgo J., Santos Cruz S., Conceição P. Nature-based solutions in spatial planning and policies for climate change adaptation: A literature review // AMBIO A J. of the Human Environment, 2024, no. 53(11), pp. 1599–1617. DOI: 10.1007/s13280-024-02052-1
- [11] Filer C., Wood M., Babon A., Allen B. The construction of voluntary forest carbon projects in Papua New Guinea // SSRN Electronic J., 2023, discussion paper № 105. DOI: 10.2139/ssrn.4630216
- [12] Cavatassi R. Valuation Methods for Environmental Benefits in Forestry and Watershed Investment Projects // SSRN Electronic J., 2004, ESA Working Paper № 04-01. DOI: 10.2139/ssrn.3307569
- [13] Nabuurs G.-J., Verkerk H., Schelhaas M.-J., Olabarria J., Trasobares A., Cienciala E. Climate-Smart Forestry: mitigation impacts in three European regions, EFI, 2018, 32 p.

- [14] Murthy K.I., Devi Prasad K.V. Co-Benefits and Risks of Implementation of Forestry Activities for Climate Change Mitigation in India // Natural Science, 2018, no. 10, pp. 278–287. DOI:10.4236/ns.2018.107028
- [15] Gežík V., Brnkalakova S., Bastakova V., Klúváková T. Economic and Social Perspective of Climate-Smart Forestry: Incentives for Behavioral Change to Climate-Smart Practices in the Long Term // Climate-Smart Forestry in Mountain Regions, 2022, pp. 435–451. DOI: 10.1007/978-3-030-80767-2_12
- [16] Шашкин А.П. Условия реализации лесоклиматических проектов на нарушенных землях // Глобальные и региональные вызовы современных климатических изменений: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Грозный, 18–20 апреля 2024 года. Грозный: Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, 2024. С. 49–53. DOI: 10.36684/129-1-2024-49-53
- [17] Морковина С.С., Шешницен С.С., Иванова А.В., Яковенко Н.В., Прядилина Н.К. Потенциал и инвестиционная привлекательность проектов по улучшенному лесному хозяйству в условиях возрастающих климатических вызовов // Юг России: экология, развитие, 2024. Т. 19. № 3(72). С. 180–192. DOI 10.18470/1992-1098-2024-3-18
- [18] Степанова Ю.Н., Шашкин А.П., Вышлов С.В. Экономическая оценка природно-климатических решений: международная и российская практика // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент, 2024. Т. 14. № 5. С. 10–23. DOI 10.21869/2223-1552-2024-14-5-10-23
- [19] Кази И.М., Доброльский А.А. Многоцелевое использование лесов в контексте реализации лесоклиматических проектов // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы IX Всерос. науч.-техн. конф., Санкт-Петербург, 22–24 мая 2024 г. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2024. С. 96–99.
- [20] Горбунова О.И., Кулагина А.Н., Богомолова Е.Ю. Природные климатические решения и их роль в развитии устойчивого управления лесными ресурсами // Дискуссия, 2024. № 5(126). С. 59–66. DOI: 10.46320/2077-7639-2024-5-126-59-66
- [21] Ивашинев М.В., Тулина А.В., Калинин Р.К. Особенности лесовосстановления // Современный лесной комплекс страны: инновационные разработки и исследования: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Воронеж, 03 октября 2024 года. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. С. 89–92. DOI: 10.58168/MFCC2024_89-92
- [22] Антонова Н.Е., Дзюба Н.А. Лесоклиматические проекты как инструмент реализации современной климатической повестки на региональном уровне// Эволюция биосферы и техногенез: материалы IV Всерос. конф., посвященной 300-летию РАН, 300-летию первой научной экспедиции под руководством Д.Г. Мессершмидта в Забайкалье, Чита, 05–09 августа 2024 года. Чита: Институт природных ресурсов, экологии и криологии, 2024. С. 47.
- [23] Шатилова В.А., Степанова Ю.Н. Климатические проекты в области лесных отношений // Студенческий научный форум 2024: сб. статей X Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Пенза, 17 января 2024 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. С. 123–125.
- [24] Горбачева Н.В. Экономическая эффективность климатических проектов: традиционный и темпоральный подходы // Экономический журнал Высшей школы экономики, 2024. Т. 28. № 4. С. 587–614. DOI 10.17323/1813-8691-2024-28-4-587-614
- [25] Morkovina S.S., Yakovenko N.V., Sheshnitsan S.S., Kuznetsov D., Shashkin A., Tretyakov A., Stepanova J. Potential and Investment Attractiveness of Implementing Climate Projects on Disturbed Lands // Sustainability, 2024, no. 16. DOI: 10.3390/su16198562
- [26] Джикович В.Л. Ценообразование в лесном хозяйстве. М: Лесная пром-сть, 1974. 168 с.
- [27] Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 29.06.2020 № 607 «Об утверждении нормативов затрат на оказание государственных работ (услуг) по охране, защите, воспроизводству лесов, лесоразведению и лесоустройству и о признании утратившим силу приказа Федерального агентства лесного хозяйства от 19 июня 2019 г. № 762». URL: <https://docs.cntd.ru/document/565982760?ysclid=mev72vyo ni305015730> (дата обращения 05.06.2025).
- [28] Masera O.R. Modeling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects: the CO2FIX V.2 approach // Ecol. Model, 2003, v. 164, no. 2–3, pp. 177–199. DOI: 10.1016/S0304-3800(02)00419-2
- [29] Швиденко А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы). М.: Федеральное агентство лесного хозяйства, ПНАС, 2008. 886 с.
- [30] Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A., Laur N.V. Biological and economic features of the «Voronezh Giant» hybrid poplar // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 5, Policy, Industry, Science and Education, Saint Petersburg, 16–18 June 2020. Saint Petersburg, 2020, p. 012083. DOI: 10.1088/1755-1315/574/1/012083
- [31] Dubenok N.N., Tanyukovich V.V., Zhuravleva A.V. Reclamation resource of pine shelterbelt forests under middle don conditions // Russian Agricultural Sciences, 2016, t. 42, no. 5. pp. 357–360.
- [32] Маштаков Д.А., Садыков А.Р., Аккуратнова А.М. Фитомасса древесных пород в защитных лесных насаждениях в условиях орошаемой степи Саратовского Заволжья // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 17–19 марта 2020 г. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2020. С. 415–418.
- [33] Li Q. Dynamics of biomass and carbon sequestration across a chronosequence of Caragana intermedia plantations on alpine sandy land // Sci. Rep, 2018, v. 8, no. 1, p. 12432. DOI: 10.1038/s41598-018-30595-3
- [34] Коротков В.Н. Лесные климатические проекты в России: ограничения и возможности // Russian J. of Ecosystem Ecology, 2022. Т. 7. № 4. С. 39–46. DOI 10.21685/2500-0578-2022-4-3
- [35] Кузнецов М., Никишова М., Стеценко А. Перспектива инвестирования в лесоклиматические проекты в России // Экономическая политика, 2022. Т. 17. № 5. С. 26–53. DOI: 10.18288/1994-5124-2022-5-26-53

- [36] Львова Н.А. Формирование финансовой модели углеродного регулирования в контексте целей декарбонизации Российской Федерации // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика, 2024. Т. 40. № 3. С. 387–415.
DOI: 10.21638/spbu05.2024.303
- [37] Максимова С.Ю. «Зеленое» финансирование: особенности, инструменты и проблемы развития // Региональные проблемы преобразования экономики, 2024. № 4(162). С. 368–375.
DOI: 10.26726/1812-7096-2024-4-368-375
- [38] Костылев И.А. Применение проектного подхода для решения эколого-экономических задач бизнеса // Актуальные проблемы пространственного развития: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Нижний Новгород, 25 октября 2024 г. Нижний Новгород: Нижегородский институт путей сообщения, 2024. С. 15–22.
- [39] Кучерова Д.Э. Гирич М.Г., Левашенко А.Д. Перспективы создания рынка углеродной торговли в БРИКС // Российский внешнеэкономический вестник, 2024. № 9. С. 60–76.
DOI: 10.24412/2072-8042-2024-9-60-76
- [40] Котова Е.В. Совершенствование правового регулирования в области снижения выбросов парниковых газов в Российской Федерации // Теоретическая и прикладная юриспруденция, 2024. № 3(21). С. 122–132. DOI: 10.22394/3034-2813-2024-3-122-132
- [41] Старикова Е.А. Трансформация ESG-повестки в российской корпоративной среде: экологический аспект // Экономика и управление: проблемы, решения, 2024. Т. 13. № 10(151). С. 84–90.
DOI 10.36871/ek.up.r.g.2024.10.13.010
- [42] Зиновьева И.С., Макарова А.А. Роль карбоновых полигонов и ферм в экологизации экономики // Устойчивое развитие экономики: путь перехода в новое качество: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 18 апреля 2024 года. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. С. 31–36.
DOI: 10.58168/QUALITY2024_31-36
- [43] Куликова О.В. Вопросы совершенствования законодательства Российской Федерации в части реализации климатических проектов // Экономические и социальные проблемы регионального развития в современных условиях: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. В 2 т. Курск, 06 февраля 2025 г. Курск: Университетская книга, 2025. С. 360–364.

Сведения об авторах

Морковина Светлана Сергеевна — д-р экон. наук, проректор по науке и инновациям, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ), tc-sveta@mail.ru

Харченко Николай Николаевич — д-р биол. наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ), forest.vrn@gmail.com

Иванова Анна Владимировна — канд. экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ), anna_iv_1989@mail.ru

Кузнецов Денис Константинович — канд. экон. наук, мл. науч. сотр. Научно-исследовательском институте Инновационных технологий и лесного комплекса (ВГЛТУ), ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ), kuznetsovden1999@mail.ru

Шешніцаан Сергей Сергеевич — канд. биол. наук, зав. лабораторией Научно-исследовательском институте Инновационных технологий и лесного комплекса (ВГЛТУ), ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ), sheshnitsan@gmail.com

Поступила в редакцию 29.08.2025.

Одобрено после рецензирования 07.10.2025.

Принята к публикации 16.10.2025.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC IMPLEMENTATION MODELS FOR FOREST-CLIMATIC PROJECTS IN CENTRAL FOREST-STEPPE

S.S. Morkovina[✉], N.N. Kharchenko, A.V. Ivanova,
D.K. Kuznetsov, S.S. Sheshnitsan

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva st., 39408, Voronezh, Russia

tc-sveta@mail.ru

This article tackles the assessment of forest growing conditions determinism while evaluating the capacity as well as ecological and economic efficiency of forest climatic projects in the framework of low-carbon economic development. In the course of the work, the main theoretical and methodological provisions related to determining the efficiency of forest climatic projects are considered. Using the example of the Central forest-steppe, the main types of forest conditions that have the most significant impact on the ecological and economic efficiency of forest climatic projects are identified. Carbon intensity coefficients of investment costs have been determined as integral indicators of the forest-climatic projects efficiency, including both in-kind effects in the form of reducing emissions and increasing greenhouse gas absorption, and financial effects in the form of investment outlay for project activities. Based on the results of the study, it was found that the forest areas with richer forest conditions, such as oak forests and semioak forests in the Central forest-steppe zone, have the greatest economic capacity for implementing forest-climatic reforestation projects in burnt forest areas and cut-over lands. In addition to oak and semioak forests, semipine ones are suitable for the implementation of forest-climatic afforestation projects in the Central forest-steppe. It has been established that the coefficients of carbon intensity of investment outlay for the most effective forest-climatic reforestation projects exceed the value of 1, and for the most effective forest-climatic afforestation projects exceed the value of 2, which indicates broad perspectives for their implementation in the Central forest-steppe zone of Russia. At the same time, the need to develop the processes of regulating forest-climatic projects through the development of a national standard for project activities has been identified.

Keywords: forest climatic projects, carbon intensity coefficient of investment outlay, forest conditions, low-carbon development, greenhouse gas absorption

Suggested citation: Morkovina S.S., Kharchenko N.N., Ivanova A.V., Kuznetsov D.K., Sheshnitsan S.S. *Ekologo-ekonomicheskie modeli realizatsii lesoklimaticheskikh proektov v Tsentral'noy lesostepi* [Ecological and economic implementation models for forest-climatic projects in Central forest-steppe]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2025, vol. 29, no. 6, pp. 5–20. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-6-5-20

References

- [1] *Natsional'nyy doklad o kadastro antropogennykh vybrosov parnikovykh gazov iz istochnikov i ikh absorbtii poglotitelyami za 1990–2023 gg.* [National report on the inventory of anthropogenic greenhouse gas emissions from sources and their absorption by sinks for 1990–2023]. Available at: <https://unfccc.int/documents/646536> (accessed 18.05.2025).
- [2] *Opredelyaemyy na natsional'nom urovne vklad Rossiyskoy Federatsii v ramkakh realizatsii Parizhskogo soglasheniya ot 12 dekabrya 2015 goda* [The Russian Federation's nationally determined contribution to the implementation of the Paris Agreement of December 12, 2015]. Available at: <https://unfccc.int/NDCREG> (accessed 30.05.2025).
- [3] *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 29 oktyabrya 2021 g. № 3052-r ob utverzhdenii Strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya RF s nizkim urovnem vybrosov parnikovykh gazov do 2050 g.* [Decree of the Government of the Russian Federation dated October 29, 2021, no. 3052-r on approval of the Strategy for Socio-economic Development of the Russian Federation with low greenhouse Gas emissions until 2050]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402894476/> (accessed 20.05.2025).
- [4] *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 11 fevralya 2021 g. № 312-r ob utverzhdenii Strategii razvitiya lesnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda* [Decree of the Government of the Russian Federation dated February 11, 2021, no. 312-r on approval of the Forestry Development Strategy the complex of the Russian Federation until 2030]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400235155/> (accessed 30.05.2025).
- [5] *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 04.12.2006 № 200-FZ* [Forest Code of the Russian Federation No. 200-FZ dated 04.12.2006]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (accessed 14.05.2025).
- [6] *Federal'nyy zakon «Ob ogranicenii vybrosov parnikovykh gazov» ot 02.07.2021 № 296-FZ* [Federal Law «On Limiting Greenhouse Gas Emissions» dated 07/02/2021 No. 296-FZ]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (accessed 16.05.2025).
- [7] *Prikaz Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya RF ot 11 maya 2022 g. № 248 «Ob utverzhdenii kriteriev i poryadka otneseniya proektov, realizuemых yuridicheskimi litsami, individual'nymi predprinimateliами ili fizicheskimi litsami, k klimaticheskim proektam, formy i poryadok predstavleniya otcheta o realizatsii klimaticheskogo proekta»* [Order no. 248 of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation dated May 11, 2022 «On Approval of the Criteria and Procedure for Classifying Projects Implemented by Legal Entities, Individual Entrepreneurs or Individuals as Climate Projects, the form and procedure for submitting a report on the implementation of the climate project】. Available at: <https://base.garant.ru/404769817/> (accessed 23.05.2025).

- [8] *Reestr uglerodnykh edinits* [Carbon unit registry]. Available at: <https://carbonreg.ru/ru/> (accessed 22.05.2025).
- [9] Miles L., Agra R., Sengupta S., Vidal A., Dickson B. Nature-based solutions for climate change mitigation. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP), 2021, 35 p.
- [10] Corgo J., Santos Cruz S., Conceição P. Nature-based solutions in spatial planning and policies for climate change adaptation: A literature review, AMBIO A J. of the Human Environment, 2024, no. 53(11), pp. 1599–1617. DOI: 10.1007/s13280-024-02052-1
- [11] Filer C., Wood M., Babon A., Allen B. The construction of voluntary forest carbon projects in Papua New Guinea. SSRN Electronic J., 2023, discussion paper no. 105. DOI:10.2139/ssrn.4630216
- [12] Cavatassi R. Valuation Methods for Environmental Benefits in Forestry and Watershed Investment Projects, SSRN Electronic J., 2004, ESA working paper № 04-01. DOI:10.2139/ssrn.3307569
- [13] Nabuurs G.-J., Verkerk H., Schelhaas M.-J., Olabarria J., Trasobares A., Cienciala E. Climate-Smart Forestry: mitigation impacts in three European regions. EFI, 2018, 32 p.
- [14] Murthy K.I., Devi Prasad K.V. Co-Benefits and Risks of Implementation of Forestry Activities for Climate Change Mitigation in India. Natural Science, 2018, no. 10, pp. 278–287. DOI:10.4236/ns.2018.107028
- [15] Gežik V., Brnkalakova S., Bastakova V., Kluvánková T. Economic and Social Perspective of Climate-Smart Forestry: Incentives for Behavioral Change to Climate-Smart Practices in the Long Term. Climate-Smart Forestry in Mountain Regions, 2022, pp. 435–451. DOI: 10.1007/978-3-030-80767-2_12
- [16] Shashkin A.P. *Usloviya realizatsii lesoklimaticeskikh proektor na narushennykh zemlyakh* [Conditions for the implementation of forest-climatic projects on disturbed lands]. Global'nye i regional'nye vyzovy sovremennoy klimaticeskikh izmeneniy: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Global and regional challenges of modern climate change: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference], Groznyy, 18–20 April 2024. Groznyy: Chechen State University, 2024, pp. 49–53. DOI: 10.36684/129-1-2024-49-53
- [17] Morkovina S.S., Sheshnitsan S.S., Ivanova A.V., Yakovenko N.V., Pryadilina N.K. *Potentsial i investitsionnaya privlekatel'nost' proektor po uluchshennomu lesnomu khozyaystvu v uslovyyakh vozrastayushchikh klimaticeskikh vyzovov* [The potential and investment attractiveness of improved forestry projects in the face of increasing climate challenges]. Yug Rossii: ekologiya, razvitiye [South of Russia: ecology, development], 2024, t. 19, no. 3(72), pp. 180–192. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-18
- [18] Stepanova Yu.N., Shashkin A.P., Vyshlov S.V. *Ekonomiceskaya otsenka prirodno-klimaticeskikh resheniy: mezdunarodnaya i rossiyskaya praktika* [Economic assessment of natural and climatic solutions: international and Russian practice]. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment [Proceedings of the Southwestern State University. Series: Economics. Sociology. Management], 2024, t. 14, no. 5, pp. 10–23. DOI: 10.21869/2223-1552-2024-14-5-10-23
- [19] Kazi I.M., Dobrovolskiy A.A. *Mnogotselevoe ispol'zovanie lesov v kontekste realizatsii lesoklimaticeskikh proektor*. [Multipurpose use of forests in the context of forest climate projects]. Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie: Materialy IX Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii [Forests of Russia: politics, industry, science, education: Proceedings of the IX All-Russian Scientific and Technical Conference], St. Petersburg, 22–24 May, 2024. Saint-Petersburg: Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov, 2024, pp. 96–99
- [20] Gorbunova O.I., Kulagina A.N., Bogomolova E.Yu *Prirodnye klimaticeskie resheniya i ikh rol' v razvitiu ustoychivogo upravleniya lesnymi resursami* [Natural climate solutions and their role in the development of sustainable forest resources management]. Diskussiya [Discussion], 2024, no. 5(126), pp. 59–66. DOI: 10.46320/2077-7639-2024-5-126-59-66
- [21] Ivashnev M.V., Tulina A.V., Kalinin R.K. *Osobennosti lesovosstanovleniya* [Features of reforestation]. Sovremennyy lesnoy kompleks strany: innovatsionnye razrabotki i issledovaniya: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Modern forest complex of the country: innovative developments and research: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference], Voronezh, 03 October, 2024. Voronezh: Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov, 2024, pp. 89–92. DOI: 10.58168/MFCC2024_89-92
- [22] Antonova N.E., Dzyuba N.A. *Lesoklimaticeskie proekty kak instrument realizatsii sovremennoy klimaticeskoy povestki na regional'nom urovne* [Forest climate projects as a tool for implementing the modern climate agenda at the regional level]. Evolyutsiya biosfery i tekhnogeneza: Materialy IV Vserossiyskoy konferentsii, posvyashchennoy 300-letiyu RAN, 300-letiyu pervoy nauchnoy ekspeditsii pod rukovodstvom D.G. Messerschmidta v Zabaykal'e [Evolution of the biosphere and technogenesis: Proceedings of the IV All-Russian Conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences, the 300th anniversary of the first scientific expedition led by D.G. Messerschmidt in Transbaikalia]. Chita, 05–09 August, 2024. Chita: Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2024, p. 47
- [23] Shatilova V.A., Stepanova Yu.N. *Klimaticeskie proekty v oblasti lesnykh otnosheniy* [Climate projects in the field of forest relations]. Studencheskij nauchnyj forum 2024: sbornik statey X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v 2 chastyakh [Student Scientific Forum 2024: collection of articles of the X International Scientific and Practical Conference in 2 parts], Penza, January 17, 2024. Penza: Nauka i obrazovanie (IP Gulyaev G.Yu.), 2024, pp. 123–125.
- [24] Gorbacheva N.V. *Ekonomiceskaya effektivnost' klimaticeskikh proektor: traditsionnye i temporal'nye podkhody* [Economic efficiency of climate projects: traditional and temporal approaches]. Ekonomicheskiy zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki [The Economic J. of the Higher School of Economics], 2024, v. 28, no. 4, pp. 587–614. DOI: 10.17323/1813-8691-2024-28-4-587-614

- [25] Morkovina S.S., Yakovenko N.V., Sheshnitsan S.S., Kuznetsov D., Shashkin A., Tretyakov A., Stepanova J. Potential and Investment Attractiveness of Implementing Climate Projects on Disturbed Lands. *Sustainability*, 2024, no. 16. DOI: 10.3390/su16198562
- [26] Dzhikovich V.L. *Tsenoobrazovanie v lesnom khozyaystve* [Pricing in forestry]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest Industry], 1974, 168 p.
- [27] *Prikaz Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaystva ot 29.06.2020 № 607 «Ob utverzhdenii normativov zatrata na okazanie gosudarstvennykh rabot (uslug) po okhrane, zashchite, vosproizvodstvu lesov, lesorazvedeniyu i lesoustroystvu i o priznanii utratiyshim silu prikaza Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaystva ot 19 iyunya 2019 g. № 762»* [Order of the Federal Forestry Agency dated June 29, 2020 No. 607 «On approval of cost standards for the provision of public works (services) for the protection, protection, reproduction of forests, afforestation and forest management and on invalidation of Order of the Federal Forestry Agency dated June 19, 2019, no. 762»]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/565982760?ysclid=mev72vyoni305015730> (accessed 16.05.2025).
- [28] Masera O.R. Modeling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects: the CO2FIX V.2 approach. *Ecol. Model.*, 2003, v. 164, no. 2–3, pp. 177–199. DOI: 10.1016/S0304-3800(02)00419-2
- [29] Shvidenko A.Z. *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy Evrazii (normativno-spravochnye materialy)* [Tables and models of the course of growth and productivity of plantings of the main forest-forming species of Northern Eurasia (normative reference materials)]. Moscow: Federal Forestry Agency, IIASA, 2008, 886 p.
- [30] Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A., Laur N.V. Biological and economic features of the «Voronezh Giant» hybrid poplar. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 5, Policy, Industry, Science and Education. Saint Petersburg, June 16–18, 2020. Saint Petersburg, 2020, p. 012083. DOI: 10.1088/1755-1315/574/1/012083
- [31] Dubenok N.N., Tanyukovich V.V., Zhuravleva A.V. Reclamation resource of pine shelterbelt forests under middle don conditions. *Russian Agricultural Sciences*, 2016, t. 42, no. 5. pp. 357–360.
- [32] Mashtakov D.A., Sadykov A.R., Akkuratnova A.M. *Fitomassa drevesnyh porod v zashchitnyh lesnyh nasazhdeniyah v usloviyah oroshaemoy stepi Saratovskogo Zavolzh'ya* [Phytomass of tree species in protective forest plantations in the conditions of the irrigated steppe of the Saratov Trans-Volga region]. Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii [Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference]. Saratov: Limited Liability Company «Amirit», 2020, pp. 415–418.
- [33] Li Q. Dynamics of biomass and carbon sequestration across a chronosequence of *Caragana intermedia* plantations on alpine sandy land. *Sci. Rep.*, 2018, v. 8, no. 1, p. 12432. DOI: 10.1038/s41598-018-30595-3
- [34] Korotkov V.N. *Lesnye klimaticheskie proekty v Rossii: ograniceniya i vozmozhnosti* [Forest climate projects in Russia: limitations and opportunities]. *Russian J. of Ecosystem Ecology*, 2022, v. 7, no. 4, pp. 39–46. DOI: 10.21685/2500-0578-2022-4-3
- [35] Kuznetsov M., Nikishova M., Stetsenko A. *Perspektiva investirovaniya v lesoklimaticheskie proekty v Rossii* [The prospect of investing in forest-climatic projects in Russia]. *Ekonomicheskaya politika* [Economic policy], 2022, v. 17, no. 5, pp. 26–53. DOI: 10.18288/1994-5124-2022-5-26-53
- [36] L'vova N.A. *Formirovanie finansovoy modeli uglerodnogo regulirovaniya v kontekste tseley dekarbonizatsii Rossiskoy Federatsii* [Formation of a financial model of carbon regulation in the context of the goals of decarbonization of the Russian Federation]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika* [Bulletin of St. Petersburg University. Economy], 2024, v. 40, no. 3, pp. 387–415. DOI: 10.21638/spbu05.2024.303
- [37] Maksimova S.Yu. «Zelenoe» finansirovanie: osobennosti, instrumenty i problemy razvitiya [«Green» financing: features, tools and problems of development]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki* [Regional problems of economic transformation], 2024, no. 4(162), pp. 368–375. DOI: 10.26726/1812-7096-2024-4-368-375
- [38] Kostylev I.A. *Primenenie proektnogo podkhoda dlya resheniya ekologo-ekonomiceskikh zadach biznesa* [Application of the project approach to solving ecological and economic problems of business]. *Aktual'nye problemy prostranstvennogo razvitiya: materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual problems of spatial development: Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference], Nizhny Novgorod, 25 October 2024. Nizhniy Novgorod: Nizhny Novgorod Institute of Railway Engineering, 2024, pp. 15–22.
- [39] Kucherova D.E., Girich M.G., Levashenko A.D. *Perspektivy sozdaniya rynka uglerodnoy torgovli v BRICS* [Prospects for creating a carbon trading market in BRICS]. *Rossiyskiy vnesheekonomicheskiy vestnik* [Russian Foreign Economic Bulletin], 2024, no. 9, pp. 60–76. DOI: 10.24412/2072-8042-2024-9-60-76
- [40] Kotova E.V. *Sovershenstvovanie pravovogo regulirovaniya v oblasti snizheniya vybrosov parnikovykh gazov v Rossiskoy Federatsii* [Improvement of legal regulation in the field of reduction greenhouse gas emissions in the Russian Federation]. *Teoreticheskaya i prikladnaya yurisprudentsiya* [Theoretical and applied jurisprudence], 2024, no. 3(21), pp. 122–132. DOI 10.22394/3034-2813-2024-3-122-132
- [41] Starikova E.A. *Transformatsiya ESG-povestki v rossiyskoy korporativnoy srede: ekologicheskiy aspect* [Transformation of the ESG agenda in the Russian corporate environment: an environmental aspect]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economics and management: problems, solutions], 2024, v. 13, no. 10(151), pp. 84–90. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.10.13.010
- [42] Zinov'eva I.S., Makarova A.A. *Rol' karbonovykh poligonov i ferm v ekologizatsii ekonomiki* [The role of carbon landfills and farms in the greening of the economy]. *Ustoichivoe razvitiye ekonomiki: put' perekhoda v novoe kachestvo: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Sustainable economic development: the path of transition to a new quality: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Voronezh, April 18, 2024. Voronezh: Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov, 2024, pp. 31–36. DOI: 10.58168/QUALITY2024_31-36

- [43] Kulikova O.V. *Voprosy sovershenstvovaniya zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii v chasti realizatsii klimaticheskikh proektov* [Issues of improving the legislation of the Russian Federation regarding the implementation of climate projects]. Ekonomicheskie i sotsial'nye problemy regional'nogo razvitiya v sovremennykh usloviyakh: sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2-kh t. [Economic and social problems of regional development in modern conditions: Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes], Kursk, 06 February, 2025, Kursk, 06 fevralya 2025 g. Kursk: Universitetskaya kniga, 2025, pp. 360–364.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic FZUR-2024-0001 «Ecological and economic models and organizational mechanism for sustainable development of forestry in the Central forest-steppe of the European part of the Russian Federation in the context of climate change and increasing anthropogenic load»).

Authors' information

Morkovina Svetlana Sergeevna✉ — Dr. Sci. (Economic), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, tc-sveta@mail.ru

Kharchenko Nikolay Nikolaevich — Dr. Sci. (Biology), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, forest.vrn@gmail.com

Ivanova Anna Vladimirovna — Cand. Sci. (Economic), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, anna_iv_1989@mail.ru

Kuznetsov Denis Konstantinovich — Cand. Sci. (Economic), Junior Researcher at the ITLK Research Institute of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, kuznetsovden1999@mail.ru

Sheshnitsan Sergey Sergeevich — Cand. Sci. (Biology), Head of laboratory at the ITLK Research Institute of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, sheshnitsan@gmail.com

Received 29.08.2025.

Approved after review 07.10.2025.

Accepted for publication 16.10.2025.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest