



## Экономическое обоснование новых технологических решений по лесовосстановлению гарей в центральной лесостепи Российской Федерации

Светлана С. Морковина<sup>1</sup>, [tc-sveta@mail.ru](mailto:tc-sveta@mail.ru), 0000-0003-3776-5181

Анна В. Иванова<sup>1</sup> , [anna\\_iv\\_1989@mail.ru](mailto:anna_iv_1989@mail.ru), 0000-0002-3972-4378

Светлана В. Писарева<sup>1</sup>, [pisareva\\_s@mail.ru](mailto:pisareva_s@mail.ru), 0000-0003-0025-7749

Валерия В. Манмарева<sup>1</sup>, [tinarydere@list.ru](mailto:tinarydere@list.ru), 0009-0005-2420-0474

Наталья К. Придилина<sup>2</sup>, [pryadiilinank@m.usfeu.ru](mailto:pryadiilinank@m.usfeu.ru), 0000-0001-8136-3660

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», ул. Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, 620100, Российская Федерация

В представленном исследовании нами было проведено технико-экономическое обоснование затрат реализации новых углеродсберегающих технологических решений по лесовосстановлению гарей, обеспечивающих ускоренное и эффективное восстановление нарушенных лесными пожарами земель.

Анализ существующих практик лесовосстановления на гарях позволил сделать вывод, что имеют место быть негативно отражающиеся на балансе углерода технологические решения, способствующие дополнительной эмиссии углерода из почвы, при разрушении ее структуры.

Такое положение дел предопределяет необходимость модернизации существующих технологий лесохозяйственных работ в направлении сокращения эмиссии и увеличения поглощения парниковых газов в целях решения задач низкоуглеродного развития страны.

Были научно-обоснованы новые технологические решения по лесовосстановлению гарей в центральной лесостепи Российской Федерации, по каждой фазе работ дано научное обоснование системы машин, нормативных затрат на выполнение мероприятий в целях достижения показателей Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов.

Установлено, что модернизации технологических решений по воспроизводству лесов на месте гарей будет проведена за счет увеличения количества агротехнических приемов и применением высокопроизводительной и дорогостоящей техники, необходимых для улучшения приживаемости растений и сохранения углерода в почвах.

Определено, что проектные углеродсберегающие технологии создания лесных культур на гарях отличает более высокий уровень затрат по сравнению с базовой технологией создания насаждений на землях лесного фонда. Данное обстоятельство потребует корректировки стратегических документов лесного планирования и привлечения дополнительных средств.

**Ключевые слова:** лесовосстановление, гарь, углеродсберегающие технологии, эмиссия парниковых газов, текущие затраты, единовременные затраты

**Финансирование:** работа выполнена в рамках государственного контракта №0373100032224000014 от «14» июня 2024 г. 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».

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


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


**Для цитирования:** Экономическое обоснование новых технологических решений по лесовосстановлению гарей в центральной лесостепи Российской Федерации / С. С. Морковина, А. В. Иванова, С. В. Писарева, В. В. Манмарева, Н. К. Прядилина // Лесотехнический журнал. – 2024. – Т. 14. – № 4 (56). – С. 157-171. – Библиогр.: с. 167-170 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.4/11>.


*Поступила* 23.10.2024 *Пересмотрена* 24.11.2024 *Принята* 11.12.2024 *Опубликована онлайн* 27.12.2024

Article


### Economic justification of new technological solutions for reforestation of burnt areas in the central forest-steppe of the Russian Federation

Svetlana S. Morkovina<sup>1</sup>, [tc-sveta@mail.ru](mailto:tc-sveta@mail.ru),  0000-0003-3776-5181

Anna V. Ivanova<sup>1</sup>✉, [anna\\_iv\\_1989@mail.ru](mailto:anna_iv_1989@mail.ru),  0000-0002-3972-4378

Svetlana V. Pisareva<sup>1</sup>, [pisareva\\_s@mail.ru](mailto:pisareva_s@mail.ru),  0000-0003-0025-7749

Valeria V. Manmareva<sup>1</sup>, [tinarydere@list.ru](mailto:tinarydere@list.ru),  0009-0005-2420-0474

Natalya K. Pryadilina<sup>2</sup>, [pryadilinanank@m.usfeu.ru](mailto:pryadilinanank@m.usfeu.ru),  0000-0001-8136-3660

<sup>1</sup>*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Ural State Forestry Engineering University, Siberian tract, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation*

#### Abstract

In the presented study, we conducted a feasibility study of the costs of implementing new carbon-saving technological solutions for reforestation of burnt areas, ensuring accelerated and effective restoration of lands damaged by forest fires.

An analysis of existing practices of reforestation on burnt areas allowed us to conclude that there are technological solutions that negatively affect the carbon balance, contributing to additional carbon emissions from the soil, when its structure is destroyed.

This state of affairs predetermines the need to modernize existing forestry technologies in the direction of reducing emissions and increasing the absorption of greenhouse gases in order to solve the problems of low-carbon development of the country.

New technological solutions for reforestation of burnt areas in the central forest-steppe of the Russian Federation were scientifically substantiated, for each phase of the work a scientific justification was given for the machine system, standard costs for the implementation of activities in order to achieve the indicators of the Strategy for the Socioeconomic Development of the Russian Federation with a low level of greenhouse gas emissions.

It has been established that the modernization of technological solutions for forest reproduction in the place of burnt areas will be carried out by increasing the number of agricultural techniques and using high-performance and expensive equipment necessary to improve the survival rate of plants and preserve carbon in soils.

It has been determined that the project carbon-saving technologies for creating forest crops on burnt areas are distinguished by a higher level of costs compared to the basic technology for creating plantations on forest fund lands. This circumstance will require adjustments to strategic forest planning documents and the attraction of additional funds.

**Keywords:** *reforestation, burnt areas, carbon-saving technologies, greenhouse gas emissions, current costs, one-time costs*

**Financing:** the work was carried out within the framework of state contract No. 0373100032224000014 dated June 14, 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 the Russian Federation with a low level of greenhouse gas emissions»

**Conflict of interest:** the authors declares no conflict of interest.

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

**For citation:** Morkovina S. S., Ivanova A. V., Pisareva S. V., Manmareva V. V., Pryadilina N. K. (2024) Economic justification of new technological solutions for reforestation of burnt areas in the central forest-steppe of the Russian Federation. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 14, No. 4 (56), pp. 157-171 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.4/11>.

*Received 23.10.2024. Revised 24.11. 2024. Accepted 11.12. 2024. Published online 27.12.2024.*

### Введение

Увеличение эмиссии парниковых газов, как и рост средних температур приземного воздуха, заставляет всех по-новому взглянуть на лесные экосистемы. А стратегия низкоуглеродного развития Российской Федерации отводит основную роль в поглощения парниковых газов природным экосистем, указывая на необходимость увеличения нетто поглощения растительными экосистемами с 535 до 1200 млн. т CO<sub>2</sub>-экв. в год к 2030 2050 годам.

Роль лесных экосистем в поддержании углеродного баланса территорий неоднозначна [16; 13]. Несмотря на то, что именно леса обладают потенциалом поглощения 10% всего объема эмиссии углерода, который, как прогнозируется, будет выброшен в мире в первой половине этого столетия (ФАО, 2012), леса при деструктивном лесопользовании могут из поглотителей превратиться в источники выбросов в случае лесных пожаров или неконтролируемых вырубок. По данным официальной статистики свидетельствует, что суммарные ежегодные потери углерода достигают 642 Мт CO<sub>2</sub>-экв., из которых 43% приходится на деструктивные пожары, а 57% – на вырубки лесов (рис. 1). В условиях беспрецедент-

ных климатических изменений последних десятилетий, леса становятся также уязвимыми к изменениям климата. А, следовательно, формируется необходимость в повышении устойчивости лесов к изменению климата, что достигается путем адаптации: внедрение «передовых технологий», которые касаются производительности лесов, биоразнообразия, защиты лесов от пожаров, вредителей и болезней, экстремальных погодных явлений, ускорения лесоразведения и лесовосстановления и сохранения генетического потенциала лесов.

За последние годы в вопросах реализации лесохозяйственных мероприятий, направленных на увеличение поглощения парниковых газов, равно как и снижение выбросов единства среди исследователей данной проблематики не много.

Ряд авторов, рассматривают лесоклиматические проекты в качестве основного мероприятия по увеличению поглощения / сокращения выбросов парниковых газов [7; 2].

Другие исследователи отмечают, что лесоклиматические проекты являются лишь вспомогательным инструментом достижения «углеродной нейтральности», т.е. они лишь помогают компенсировать те выбросы парниковых газов, которых не

удается избежать с помощью технологических решений [5; 6; 15].

При этом исследователи едины во мнении о необходимости изменения технологий в лесном хозяйстве, как в части лесозащиты, так и воспроизводства лесных ресурсов [8; 9; 20]. При этом и наряду с технологическим обоснованием новых лесохозяйственных мероприятий, направленных на повыше-

ние биологического, экосистемного и ландшафтного разнообразия лесов, улучшение их устойчивости, защитных, климаторегулирующих функций, качества других экосистемных лесных услуг, увеличение секвестрации и сокращение эмиссии парниковых газов лесами, важным является экономический аспект предлагаемых практик [10; 11; 12; 14; 15; 17].

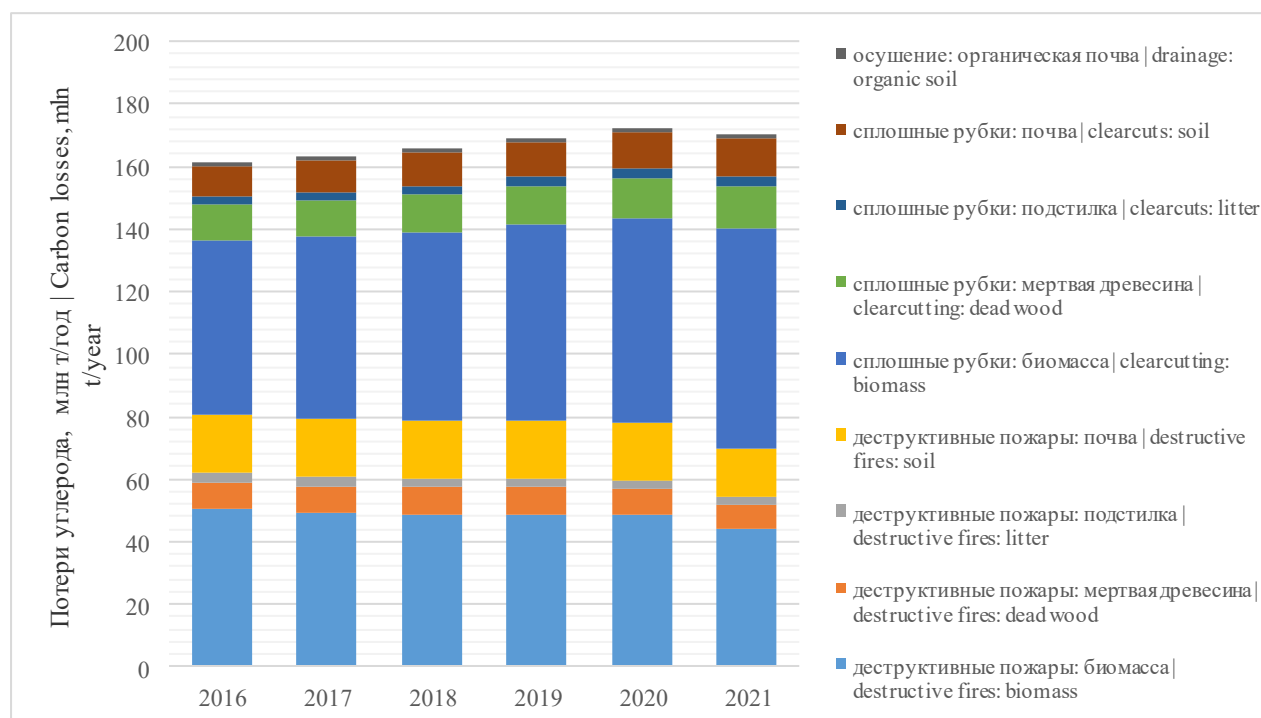


Рисунок 2. Динамика потерь углерода управляемыми лесами лесного фонда РФ по пулам в результате хозяйственной деятельности, млн т С год<sup>-1</sup>

Figure 5. Dynamics of carbon losses by managed forests of the forest fund of the Russian Federation by pools as a result of economic activity, million tons of CO<sub>2</sub>

Источник: по данным Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом

Source: according to the National Inventory Report of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol

Вопросы экономической оценки инвестиций в природные решения и внедрения инновационных технологий в лесном хозяйстве остаются не до конца проработанными, ввиду наличия разнообразных факторов, оказывающих как прямое, так и косвенное воздействие на ожидаемые затраты при реализации технических решений на уровне отдельных участков и территорий.

Известно, что наиболее востребованными являются технологические решения, связанные с ускоренным воспроизводством лесов на площадях, пройденных лесными пожарами, представленным специальными технологическими и организационными мероприятиями, направленными на образование молодых сомкнутых лесных насаждений на предназначенных для этих целей землях.

Очевидно, что применяемые технологии лесовосстановления на гарях связаны со значительными финансовыми и трудовыми затратами, что объясняется необходимостью проведения целого комплекса работ по расчистке пройденной лесным пожаром территории от древесины погибших деревьев, подготовке почвы, посадке и проведению агротехнических и лесоводственных уходов [3]. Так же затраты могут изменяться в зависимости от типов лесорастительных условий произрастания леса на гарях, за ухудшение условий как правило возрастает сложность лесовосстановления.

Целью исследования является технико-экономическое обоснование, включая сравнительный анализ затрат при реализации новых технологий воспроизводства лесных ресурсов, обеспечивающих ускоренное и эффективное восстановление нарушенных лесными пожарами земель.

### **Материал и методы**

#### ***Объект и предмет исследований***

Объектом исследования настоящего исследования является комплекс лесохозяйственных мероприятий, системы машин и операций, обеспечивающих сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов лесными экосистемами.

#### ***Сбор данных***

Фазы работ, входящие в состав базовой и углеродосберегающей технологии лесовосстановления на гарях, определялись в соответствии с «Руководством по лесовосстановлению и лесоразведению в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах европейской части Российской Федерации» [1]. Затраты труда лесохозяйственных рабочих и на эксплуатацию машин и механизмов, в т. ч. по затратам на оплату труда трактористов-машинистов определяются в соответствии с межотраслевыми нормами выработки на лесокультурные работы, выполняемые в равнинных условиях, утв. Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации, приказом №317 от 26 апреля 2006 г.; типовыми нормами выработки, нормами времени на работы, выполняемые в лесных питомниках, утв. Федеральной службой лесного хозяйства России, приказ №67 от 27 апреля 1995 г.; типовыми нормами выработки, нормами времени на рубки

ухода за лесом в равнинных условиях, утв. Приказом Рослесхоза N 148 от 15.07.1999 г.; межотраслевыми нормами выработки и времени на работы, выполняемые при проведении санитарных рубок и рубок ухода за лесом, утв. Постановлением Минтруда РФ N 53 от 19.09.1995 г.

Норма расхода горюче-смазочных материалах и рабочих жидкостях при эксплуатации автотранспортной техники для каждой модели, марки и модификации с учетом условий работы автотранспортной техники определенных технологией лесовосстановления на гарях согласно их классификации и назначению осуществляются в соответствии с нормами расхода горюче-смазочных материалов на механизированные работы, выполняемые в лесном хозяйстве».

#### ***Анализ данных***

Расчет затрат на выполнение комплекса лесохозяйственных мероприятий на гарях направленных на сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов лесами в условиях центральной лесостепи осуществляться отдельно по каждой фазе работ: подготовка территории для создания лесных культур (расчистка гарей); подготовка почвы под посадку растений; посадка растений (с учетом способа лесовосстановления); агротехнические уходы; лесохозяйственные уходы.

Обоснование затрат базовой технологии лесовосстановления гарей и затрат углеродосберегающей технологии лесовосстановления гарей приводилось для разных типов лесорастительных условий в центральной лесостепи Российской Федерации.

Для базовой технологии лесовосстановления гарей определялись затраты на создание чистых культур дуба (ТУЛ D2 (свежие дубравы) и C2 (свежие судубравы)) на суглинистых почвах, с размещением растений 3.0 - 3.5 x 0.75 м; создание культур сосны и других лесообразующих пород (ТУЛ B2, свежие субори) на серых лесных супесчаных почвах, с размещением растений 3.0 - 3.5 x 0.75 м; создание чистых культур сосны (ТУЛ A1 (сухой бор) и A2 (свежий бор)) на светло-серых лесных песчаных и серых лесных песчаных почвах, с размещением растений 3.0 - 3.5 x 0.75 м. Для инновационной технологии лесовосстановления

гарей определялись затраты на создание смешанных лесных пород, которые благодаря своим биологическим особенностям могут улучшать почвенно-растительные условия и способствовать накоплению углерода в почвенном резервуаре:

– для сухого и свежего бора (ТЛУ А1; А2) – сосна, карагана древовидная, вяз;

– для свежей субори (ТЛУ В2) – сосна, береза, тополь, дуб красный;

– для свежих дубрав (ТЛУ С2) – дуб черешчатый, тополь, сосна;

– для свежей судубравы (ТЛУ D 2) – дуб черешчатый, клен, тополь.

Затраты на лесовосстановления гарей разделяли на единовременные, которые включали расходы на проектирование, подготовку почвы, выращивание лесопосадочного материала и посадку саженцев на постоянную лесокультурную площадь, а также текущие, необходимые для проведения агротехнических и лесохозяйственных уходов за насаждением. Расчет затрат на выполнение комплекса лесохозяйственных мероприятий по лесовосстановлению на гарях выполнен в форме нормативно-технологических карт. Затраты установлены на 1 га лесной площади.

Нормативно-технологические карты на выполнение лесохозяйственных мероприятий направленных на сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов в соответствии с намеченной базовой и инновационной технологией, включают нормообразующие факторы, систему машин, описание и последовательность работ, нормативные затраты на их выполнение. При расчете затрат учтены действующие нормы на выполнение лесохозяйственных работ, ставки оплаты труда и повышающие коэффициенты.

### Результаты и обсуждение

Базовая технология работ по лесовосстановлению гарей и вырубок в Центральной лесостепи описана в методических рекомендациях ВНИИЛМ [4]. Возможные способы облесения горельников с использованием различных средств механизации рассмотрены в работе ВНИИЛМ, что их выбор зависит как от возраста и состава бывшего насаждения, так и от типа горельника и ветровала [19]. Целевые

установки лесного хозяйства, отражающие последствия климатических изменений и роль лесных экосистем в решении задач низкоуглеродного развития страны определяют необходимость модернизации существующих технологий лесохозяйственных работ в направлении сокращения эмиссии и увеличения поглощения парниковых газов. В рамках настоящего исследования модернизация существующих лесохозяйственных комплексов работ невозможна без учета ряда принципиальных моментов:

1. Учет района расположения, категории и доступности участков лесосек/горельников, состояния захламленности;

2. Подбор древесных пород, соответствующих зонально-географическим особенностям лесных районов, лесорастительным условиям и обладающих значительным депонирующим потенциалом.

3. Выбор способа лесовосстановления, обеспечивающего минимальное нарушение почвенного покрова.

4. Организация агротехнических и лесоводственных уходов на условиях поддержания/накопления углерода в почве, древесной и кустарниковой биомассе.

5. Создание насаждений, наиболее приближенных к естественным лесам.

В этой связи при модернизации существующей технологии лесовосстановления была дана технико-экономическая оценка новым агрегатам и машинам для выполнения лесохозяйственных работ. Ключевым моментом в системе машин для лесовосстановления гарей является использование мульчеров или ротоваторов на отдельных видах работ, связанных с подготовкой и обработкой почвы в местах свежих гарей. Использование этих агрегатов позволяет, измельчая горелую древесину, смешивать ее с гумусовым горизонтом почвы, что значительно экологичнее существующих подходов, способствуя тем самым накоплению и удержанию углерода в почве. Технологии очистки захламленных территорий и горельников с применением лесного мульчера и ротоватора заменяет собой такие процессы, как рубка, корчевка, складирование, сжигание, а также утилизация порубочных остатков. Все эти процессы становятся единой технологической операцией, что

значительно снижает трудозатраты и сроки проведения подготовительных мероприятий. Технология очистки захламленных территорий и горельников используется относительно недавно, но уже можно выделить ряд преимуществ по сравнению со сжиганием:

- более низкая трудоемкость работ - не надо складывать и накапливать сучья и ветки для дальнейшей утилизации.

- значительная производительность, за небольшой промежуток времени отрабатывается весь участок нарушенных лесных земель, получается измельчить порубочные остатки за один раз, и технике больше не нужно возвращаться на этот участок.

- низкий уровень опасности выполнения операции, технология с применением мульчера, имеет один из самых высоких коэффициентов противопожарной безопасности.

Последовательность работ, входящие в состав модернизированной технологии создания лесных культур на гарях представлена на рисунке 2. Научно-обоснована система машин, приемов и последовательность операций, а также породный состав насаждений, обеспечивающие, как сохранение углерода в почвах, так и ускоренное выращивание углерод депонирующих насаждений, с высокими показателями роста и продуктивности в разрезе основных ТЛУ Центральной лесостепи.

Отметим, что в базовой технологии на участках горельников создаются чистые культуры, состоящие из лесных растений одной главной лесной древесной породы.

При создании насаждений, обеспечивающих сохранение и увеличения поглотительной способности лесных экосистем, на бывших гарях, породный состав, схема смешения, густота посадки растений на лесокультурных площадях должны отличаться от классических. При этом главная лесная порода

должна выбираться из числа аборигенных лесных древесных пород, отвечать целям лесовосстановления и соответствовать природно-климатическим условиям лесного района.

Смешанным лесным культурам характерна большая сложность создания и формирования насаждений. Следует отметить, что на участках горельников создание смешанных хвойно-лиственных культур предпочтительнее, прежде всего, вследствие их большей устойчивости к последующим пожарам, особенно это актуально на участках гарей, расположенных в непосредственной близости с населенными пунктами. В рамках технологии обосновано создание смешанных (не менее пяти) древесных и кустарниковых пород на участках, пройденных лесными пожарами. Выбор древесных пород обуславливается типом лесорастительных условий, а приоритет на гарях отдается тем породам, которые благодаря своим биологическим особенностям могут улучшать почвенно-растительные условия и способствовать накоплению углерода в почвенном резервуаре.

По сравнению с базовой технологией создания лесных культур на гарях в свежих дубравах и сдубравах Центральной лесостепной зоне (ТУЛ D2, C2) в модернизированной технологии затраты на подготовку территории для создания смешанных насаждений будут ниже за счет применения нового оборудования (мульчеров и ротаторов), что значительно снижает трудозатраты, сроки проведения подготовительных мероприятий и позволяет сократить единовременные затраты.

Используя нормативный подход были установлены затраты на воспроизводство лесов с использованием модернизированной технологии лесовосстановления гарей.

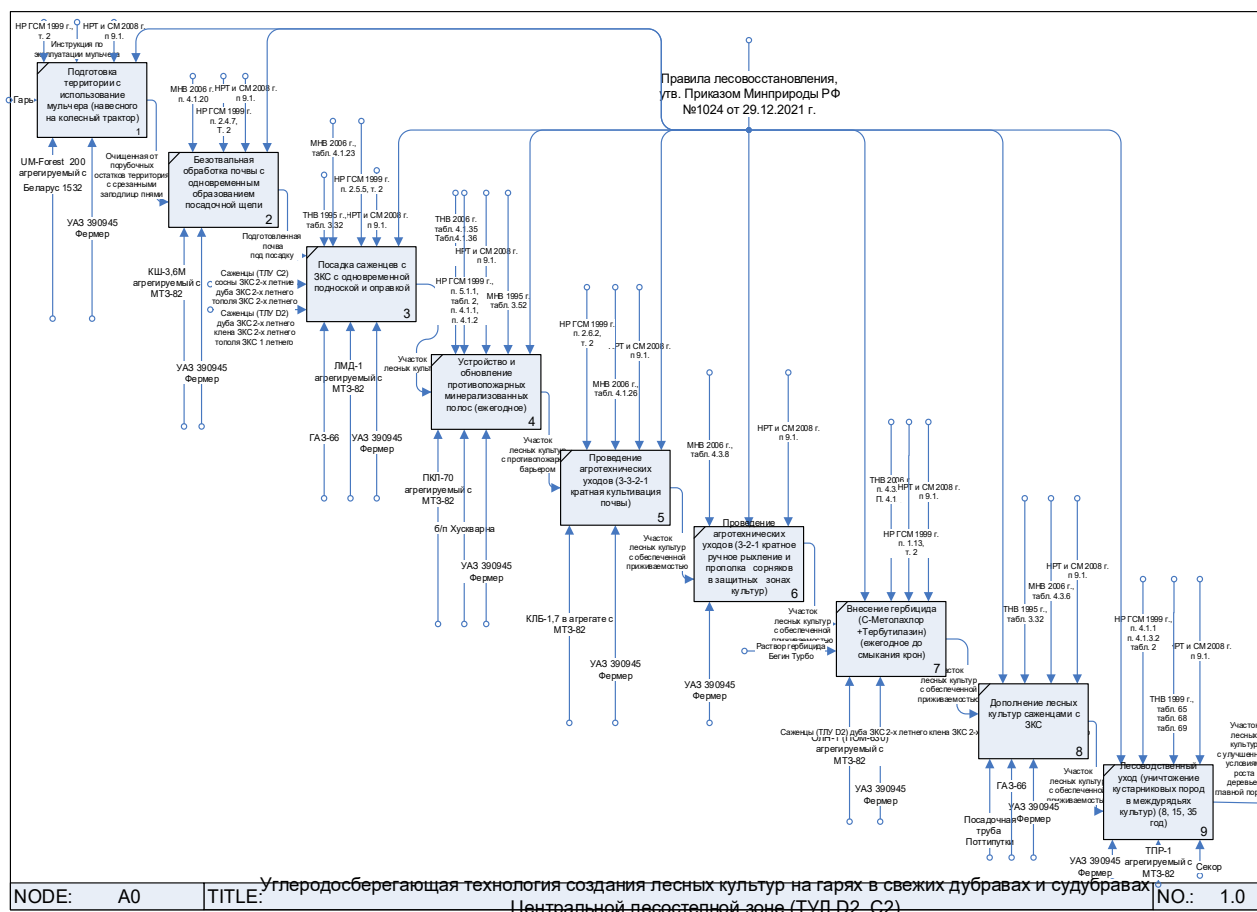


Рисунок 2. Контекстная диаграмма последовательности процессов создания лесных культур на гарях в свежих дубравах (ТУЛ D2) и в свежих судубравах Центральной лесостепной зоны (ТУЛ C2)

Figure 2. Context diagram of the sequence of processes of creation of forest cultures on burnt areas in fresh oak groves (TLU D2) and in fresh oak groves of the Central forest-steppe zone (TLU C2)

Примечание: НР ГСМ 1999 г. - Нормы расхода горюче-смазочных материалов на механизированные работы, выполняемые в лесном хозяйстве, утв. Приказом №180 от 13 сентября 1999 г.; НРТ и СМ 2008 г. - О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте, утв. Распоряжением Минтранса России №АМ-23-р от 14.03.2008; МНВ 2006 г. - Межотраслевые нормы выработки на лесокультурные работы, выполняемые в равнинных условиях, утв. Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации, приказом №317 от 26 апреля 2006 г.; ТНВ 1995 г. - Типовые нормы выработки, нормы времени на работы, выполняемые в лесных питомниках, утв. Федеральной службой лесного хозяйства России, приказ №67 от 27 апреля 1995 г.; ТНВ 1999 г. - Типовые нормы выработки, нормы времени на рубки ухода за лесом в равнинных условиях, утв. Приказом Рослесхоза N 148 от 15.07.1999 г.

Источник: собственная композиция авторов  
Source: authors' composition

Установлено, что совокупные затраты на лесовосстановление гарей, путем создания смешанных культур дуба в свежих дубравах Центральной лесостепной зоны (ТУЛ D2) за 45 лет составляют 340 741,75 руб./га, в свежих судубравах (ТУЛ C2) за 45 лет - 341 936,18 руб./га и превышают затраты на реализацию базовой технологии создания чистых

культур дуба на 22 941,4 руб./га и на 24 135,8 руб./га соответственно.

Затраты на посадку саженцев в модернизированной технологии создания лесных культур на гарях ниже базовой на 15 % за счет снижения густоты лесных культур (рис. 3, 4).



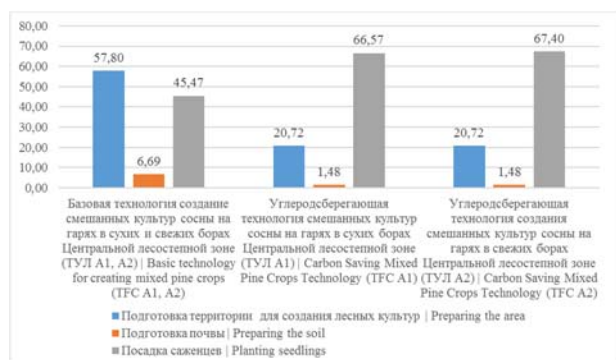


Рисунок 3. Единовременные затраты на создание лесных культур на горях в свежих дубравах и судубравах Центральной лесостепной зоне (ТЛУ D2, C2), тыс.р./га

Figure 3. One-time costs for creating forest crops on burnt areas in fresh oak groves and sudubravas of the Central forest-steppe zone (TFC D2, C2), thousand rubles/ha

Источник: собственная композиция авторов  
Source: authors' composition

Что касается текущих затрат, то при реализации модернизированной технологии создания лесных культур на горях в свежих дубравах и судубравах Центральной лесостепной зоне (ТУЛ D2, C2) затраты на агротехнические уходы выше базового варианта за счет внесения гербицидов (рис. 5).

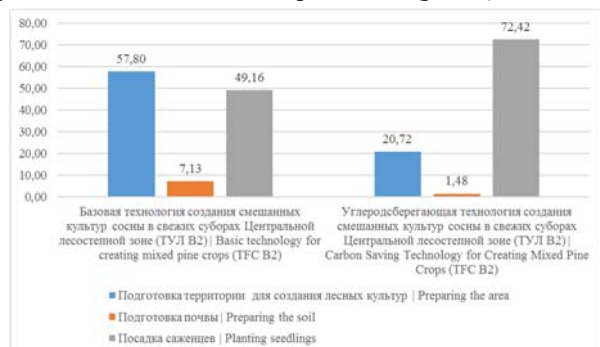


Рисунок 5. Единовременные затраты на создание лесных культур на горях в свежих субборах Центральной лесостепной зоне (ТЛУ B2)

Figure 5. One-time costs for the creation of forest crops on burnt areas in fresh sub-forests of the Central forest-steppe zone (TFC B2)

Источник: собственная композиция авторов  
Source: authors' composition

В тоже время, единовременные затраты на создание смешанных культур сосны на горях (ТУЛ A1, A2) ниже затрат в базовой технологии на 18 % за

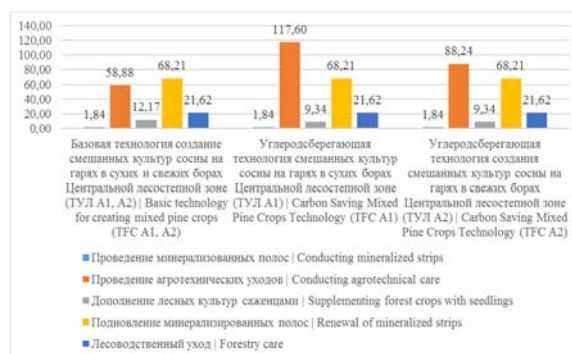


Рисунок 4. Сравнение текущих затрат создание лесных культур на горях в свежих дубравах и судубравах Центральной лесостепной зоне (ТЛУ D2, C2), тыс.р./га

Figure 4. Comparison of current costs of creating forest crops on burnt areas in fresh oak groves and sudubravas of the Central forest-steppe zone (TFC D2, C2), thousand rubles/ha

Источник: собственная композиция авторов  
Source: authors' composition

Совокупные затраты на создание смешанных культур сосны на горях (ТУЛ B2) за 45 лет при модернизированной технологии, превышают затраты базовой технологии на 43 877,81 р./га за счет проведения дополнительных агроуходов, необходимых для обеспечения приживаемости саженцев (рис. 5, 6).

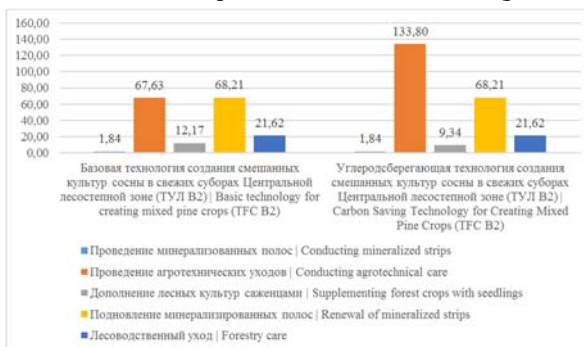


Рисунок 6. Текущие затраты на создание лесных культур на горях в свежих субборах Центральной лесостепной зоне (ТЛУ B2)

Figure 6. Current costs for the creation of forest crops on burnt areas in fresh sub-forests of the Central forest-steppe zone (TFC B2)

Источник: собственная композиция авторов  
Source: authors' composition

счет использования высокопроизводительной техники мульчирования (рис. 7).

Агротехнические уходы при создании смешанных культур сосны на гарях в сухих и свежих борах Центральной лесостепной зоне (ТУЛ А1, А2) в модернизированной технологии дополнены поли-

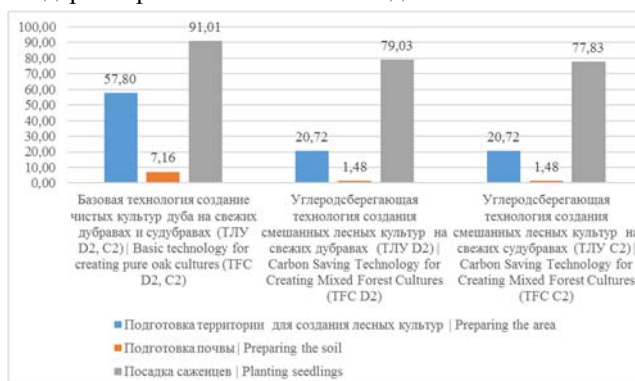


Рисунок 7. Сравнение единовременных затрат на создание лесных культур на гарях в сухих и свежих борах Центральной лесостепной зоне (ТЛУ А1, А2), тыс.р./га

Figure 7. Comparison of one-time costs of creating forest crops on burnt areas in dry and fresh pine forests of the Central forest-steppe zone (TFC A1, A2), thousand rubles/ha

Источник: собственная композиция авторов  
Source: authors' composition

При модернизации технологических решений по воспроизводству лесов на месте гарей следует ожидать роста совокупных затрат, что связано с увеличением количества агротехнических приемов и применением высокопроизводительной и дорогостоящей техники, необходимых для улучшения приживаемости растений и сохранения углерода в почвах. Дальнейшее совершенствование теории и практики по экономическому обоснованию создания насаждений в условиях лесостепи лежит в плоскости оценки поглощения и накопления углерода древостоями с учетом установленных затрат на воспроизводство природного капитала лесов.

## Выводы

Лесовосстановление как инструмент увеличения абсорбции парниковых газов лесными экосистемами базируется на модернизации технологических процессов и системы машин. Включение мульчеров и /или ротораторов в систему машин, применяемых для расчистки гарей, позволяет решить задачу по снижению выбросов парниковых газов за счет сохранения древесных остатков и улучшения состава почв в лесах России. В ходе исследования были

вами для условий сухих и свежих боров Центральной лесостепной зоне (ТУЛ А1, ТУЛ А2), что привело к росту текущих затрат на 35 % (рис. 8).

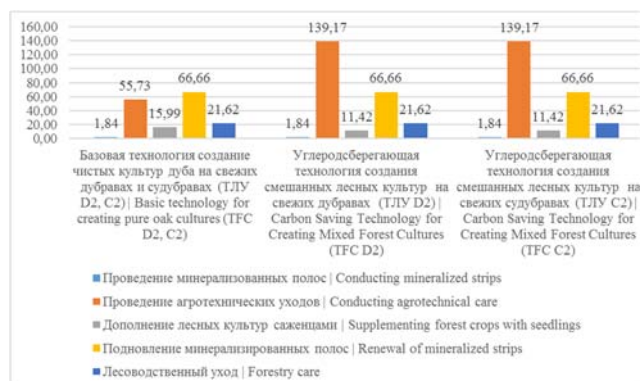


Рисунок 8. Сравнение текущих затрат на создание лесных культур на гарях в сухих и свежих борах Центральной лесостепной зоне (ТЛУ А1, А2), тыс.р./га

Figure 8. Comparison of current costs of creating forest crops on burnt areas in dry and fresh pine forests of the Central forest-steppe zone (TFC A1, A2), thousand rubles/ha

Источник: собственная композиция авторов  
Source: authors' composition

обоснованы фазы лесохозяйственных работ, система машин, что позволило установить нормативные затраты на выполнение мероприятий по воспроизводству лесов на гарях. Сравнительный анализ базовых и модернизированных технологий воспроизводства лесов, как и алгоритмизация оценки затрат на выполнение лесохозяйственных операций и работ, закладывают фундамент для будущего перехода лесного хозяйства в целом к низкоуглеродному развитию. При этом становится возможным ускорить процессы воспроизводства природного капитала лесов, а также повысить рыночную привлекательность лесного хозяйства для частных инвесторов, заинтересованных в реализации климатических проектов.

Модернизированную технологию создания лесных культур на гарях отличает более высокий уровень затрат по сравнению с базовой, что предопределяет необходимость корректировки документов лесного планирования и увеличения финансирования лесовосстановления. В тоже время, новые технологические решения являются крайне востребованными в лесном хозяйстве, не только по причине

изменений климата, отражающейся на состоянии лесных экосистем, но и по организационным причи-

нам – высокой трудоемкости работ, сезонному характеру лесохозяйственного производства и хронической необеспеченности кадрами.

### Список литературы

1. Приказ от 13 декабря 1993 года №328 «Руководство по лесовосстановлению и лесоразведению в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах европейской части Российской Федерации». Федерального агентства лесного хозяйства. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9014864>.
2. Антонова Н.Е., Дзюба Н.А. Лесоклиматические проекты как новый приоритет стратегического развития лесного комплекса региона. Регионалистика. 2024; 11; 1; 5-23. DOI: <https://doi.org/10.14530/reg.2024.1.5>.
3. Башегуров К.А., Белов Л.А., Залесов С.В., Осипенко А.Е. [и др.] Эффективность естественного и искусственного лесовосстановления на гарях Западно-Сибирского северо-таежного равнинного лесного района. Леса России и хозяйство в них. 2023; 2(85); 4-15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-estestvennogo-i-iskusstvennogo-lesovosstanovleniya-na-garyah-zapadno-sibirskogo-severo-taezhnogo-ravninnogo-lesnogo>.
4. Буряк Л.В., Агеев А.А., Салцевич Ю.В. Технологии лесовосстановления горельников в лесных районах Сибири: методические рекомендации. – Пушкино: ВНИИЛМ. 2021; 64 с. URL: [https://vniilm.ru/media/edition2021/Reforestation\\_of\\_gorelnik.pdf](https://vniilm.ru/media/edition2021/Reforestation_of_gorelnik.pdf).
5. Гордеева Е.М., Ведерникова И.Е. Лесоклиматические проекты в России: актуальное правовое обеспечение. Теоретическая и прикладная экология. 2022; 2; 209-215. DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-209-215>.
6. Гордеев Р.В., Иванцова А.И., Пыжев А.И. О возможностях и ограничениях реализации лесоклиматических проектов в регионах России. Труды III гранберговской конференции: Сборник докладов Всерос. конференции с междунар. участием, посвященной памяти академика А.Г. Гранберга, Новосибирск, 11–13 октября 2023 года. – Новосибирск: Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН. 2023; 225-229. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=wrllyu>.
7. Дзюба Н.А., Галичанин Е.Н. Лесоклиматические проекты как инструмент повышения эффективности использования лесных ресурсов Хабаровского края. Экономика, управление, общество: история и современность: Матер. XX Всерос. науч.-практ. конференции, Хабаровск, 09 декабря 2022 года. – Хабаровск: Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ. 2022; 36-41. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yzgoor>.
8. Добровольский А.А., Терехова Д.Г. Разработка программы лесоразведения в целях депонирования углерода на территории Санкт-Петербурга для адаптации к изменению климата. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023; 245; 6-22. – DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.245.6-22>.
9. Коротков В.Н. Лесные климатические проекты в России: ограничения и возможности. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2022; 7 (4); 39-46. – DOI: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-4-3>.
10. Кузнецов М.Е., Никишова М.И., Стеценко А.В. Перспектива инвестирования в лесоклиматические проекты в России. Экономическая политика. 2022; 17; 5; 26-53. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2022-5-26-53>.
11. Лебедев А.В. Эмпирические модели роста и производительности древостоев по данным долговременных наблюдений в условиях антропогенных воздействий и климатических изменений: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева. 2023; 425 с. URL: [https://spbftu.ru/uploads/dissertation/lebedev-aleksandr-vyacheslavovich/Avtoreferat\\_Lebedev\\_AV.pdf](https://spbftu.ru/uploads/dissertation/lebedev-aleksandr-vyacheslavovich/Avtoreferat_Lebedev_AV.pdf).
12. Луговая Д.Л. От лесопосадок – к восстановлению лесных ландшафтов. Устойчивое лесопользование. 2021; 3(67); 2-7. DOI: <https://doi.org/10.47364/2308-541X20216732>.

13. Морковина С.С., А.В. Иванова, Третьяков А.Г. Экономическая оценка альтернатив использования лесных ресурсов]. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2023; 11; 1(60);101-116. DOI: <https://doi.org/10.34220/2308-8877-2023-11-1-101-116>.
14. Морковина С.С., Кузнецов Д.К. Экономика «климатических проектов в лесах» как составляющая низкоуглеродного развития: анализ феномена. Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2023; 2; 99-113. DOI: <https://doi.org/10.21178/2079-6080.2023.2.99>.
15. Морковина С.С., Панявина Е.А., Зиновьева И.С. Управление реализацией лесоклиматических проектов в РФ: перспективы и риски. Естественно-гуманитарные исследования. 2022; 40(2); 198-202. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49442810>.
16. Птичников А.В., Шварц Е.А., Попова Г.А., Байбар А.С. Роль лесов в реализации стратегии низкоуглеродного развития России. Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2022; 507; 1; 153-158. DOI: <https://doi.org/10.31857/S268673972260120X>.
17. Птичников А.В., Шварц Е.А. Современная климатическая повестка: какие изменения актуальны в лесном хозяйстве России? Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023; 242; 129-142. – DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.242.129-142>.
18. Тимофеева Е.А. Климатические проекты: что можно предложить предприятиям. Экология производства. 2023; 6(227); 72-81. – DOI <https://doi.org/10.33465/2078-3981-2023-227-6-70-79>.
19. Рекомендации по планированию и проектированию фонда лесовосстановления на площадях, пройденных лесными пожарами и ветровалами. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2019. 36 с. URL: [https://vniilm.ru/media/edition2019/Reforestation\\_areas\\_forest\\_fires\\_and\\_windfalls.pdf](https://vniilm.ru/media/edition2019/Reforestation_areas_forest_fires_and_windfalls.pdf).
20. Шанин В.Н., Фролов П.В., Коротков В.Н. Всегда ли искусственное лесовосстановление может быть лесоклиматическим проектом? Вопросы лесной науки. – 2022; 5; 2; 103-139. DOI: <https://doi.org/10.31509/2658-607x-202252-106>.

### References

1. Prikaz ot 13 dekabrya 1993 goda №328 «Rukovodstvo po lesovosstanovleniyu i lesorazvedeniyu v lesostepnoy, stepnoy, sukhostepnoy i polupustynnoy zonakh yevropeyskoy chasti Rossiyskoy Federatsii» [Order of December 13, 1993 №328 «Guidelines for reforestation and afforestation in the forest-steppe, steppe, dry steppe and semi-desert zones of the European part of the Russian Federation»]. Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaystva=Federal Agency for Forestry (Rosleskhoz). URL: [https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404423902/\(In Russ.\)](https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404423902/(In Russ.)).
2. Antonova N.E., Dzyuba N.A. Lesoklimaticheskiye proyekty kak novyy prioritet strategicheskogo razvitiya lesnogo kompleksa regiona [Forest Climate Projects As a New Priority for the Strategic Development of the Region's Forest Complex]. Regionalistica=Regionalistics. 2024; 11; 1; 5-23 DOI: <https://doi.org/10.14530/reg.2024.1.5> (In Russ.).
3. Bashegurova K.A., Belov L.A., Zalesov S.V., Osipenko A.E. [et al.] Effektivnost' yestestvennogo i iskusstvennogo lesovosstanovleniya na garyakh Zapadno-Sibirskogo severo-tayezhnogo ravninnogo lesnogo rayona [Efficiency of natural and artificial reforestation on burnt areas of the West Siberian north-taiga plain forest region]. Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh=Forests of Russia and their management. 2023; 2(85); 4-15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-estestvennogo-i-iskusstvennogo-lesovosstanovleniya-na-garyah-zapadno-sibirskogo-severo-tayezhnogo-ravninnogo-lesnogo>. (In Russ.). (In Russ.).
4. Buryak L.V., Ageev A.A., Salceevich Y.V. Tekhnologii lesovosstanovleniya gorel'nikov v lesnykh rayonakh Sibiri: metodicheskiye rekomendatsii [Technologies of burnt forest area regeneration in Siberian forest regions: guidance manual]. – Pushkino: VNIILM, 2021. – 64 p. URL: [https://vniilm.ru/media/edition2021/Reforestation\\_of\\_gorelnik.pdf](https://vniilm.ru/media/edition2021/Reforestation_of_gorelnik.pdf).
5. Gordeeva E.M., Vedernikova I.E. Lesoklimaticheskiye proyekty v Rossii: aktual'noye pravovoye obespecheniye [Forest climate projects in Russia: current legal support]. Teoreticheskaya i prikladnaya

ekologiya=Theoretical and Applied Ecology. 2022; 2; 209-215. DOI <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-209-215> (In Russ.).

6. Gordeev R.V., Ivantsova A.I. Pyzhev A.I. O vozmozhnostyakh i ogranicheniyakh realizatsii lesoklimaticheskikh proyektov v regionakh Rossii [On the possibilities and limitations of implementing forest climate projects in the regions of Russia]. Trudy III granbergovskoy konferentsii: Sbornik dokladov Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy pamyati akademika A.G. Granberga, Novosibirsk, 11–13 oktyabrya 2023 goda. – Novosibirsk: Institut ekonomiki i organizatsii promyshlennogo proizvodstva SO RAN [Proceedings of the III Granberg Conference: Collection of reports of the All-Russian conference with international participation dedicated to the memory of Academician A.G. Granberg, Novosibirsk, October 11–13, 2023. – Novosibirsk: Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS]. 2023; 225-229. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=wrllyu> (In Russ.).

7. Dzyuba N.A., Galichanin E.N. Lesoklimaticheskiye projekty kak instrument povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya lesnykh resursov Khabarovskogo kraya [Forest climate projects as a tool for increasing the efficiency of forest resource use in Khabarovsk Krai]. Ekonomika, upravleniye, obshchestvo: istoriya i sovremennost': Materialy XX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Khabarovsk, 09 dekabrya 2022 goda. – Khabarovsk: Rossiyskaya akademiya narodnogo khozyaystva i gosudarstvennoy sluzhby pri Prezidente RF=Economy, management, society: history and modernity: Proceedings of the XX All-Russian scientific and practical conference, Khabarovsk, December 09, 2022. – Khabarovsk: Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration. 2022; 36-41. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yzgoop> (In Russ.).

8. Dobrovolsky A.A., Terekhova D.G. Razrabotka programmy lesorazvedeniya v tselyakh deponirovaniya ugleroda na territorii Sankt-Peterburga dlya adaptatsii k izmeneniyu klimata [Development of a program of afforestation for the purpose of carbon sequestration in the territory of St. Petersburg for adaptation to climate change]. Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii=News of the St. Petersburg Forest Engineering Academy. 2023; 245; 6-22. – DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.245.6-22> (In Russ.).

9. Korotkov V.N. Lesnyye klimaticheskiye projekty v Rossii: ogranicheniya i vozmozhnosti [Forest climate projects in Russia: limitations and possibilities]. Rossiyskiy zhurnal ekosistemnoy ekologii = Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2022; 7 (4); 39-46. – DOI: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-4-3> (In Russ.).

10. Kuznetsov M.E., Nikishova M.I., Stetsenko A.V. Perspektiva investirovaniya v lesoklimaticheskiye projekty v Rossii [Prospects for investing in forest climate projects in Russia]. Ekonomicheskaya politika=Economic Policy. 2022; 17; 5; 26-53. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2022-5-26-53> (In Russ.).

11. Lebedev A.V. Empiricheskiye modeli rosta i proizvoditel'nosti drevostoyev po dannym dolgovremennyykh nablyudeniy v usloviyakh antropogennykh vozdeystviy i klimaticheskikh izmeneniy: dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk [empirical models of growth and productivity of forest stands based on long-term observations under anthropogenic impacts and climate change: dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences]. – Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet - MSKHA imeni K.A. Timiryazeva=Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2023; 425 c. URL: [https://spbftu.ru/uploads/disser/dissertations/lebedev-aleksandr-vyacheslavovich/Avtoreferat\\_Lebedev\\_AV.pdf](https://spbftu.ru/uploads/disser/dissertations/lebedev-aleksandr-vyacheslavovich/Avtoreferat_Lebedev_AV.pdf) (In Russ.).

12. Lugovaya D.L. Ot lesoposadok - k vosstanovleniyu lesnykh landshaftov [From forest plantations to restoration of forest landscapes]. Ustoychivoye lesopol'zovaniye= Sustainable forest management. 2021; 3(67); 2-7. DOI: <https://doi.org/10.47364/2308-541X20216732> (In Russ.).

13. Morkovina S.S., A.V. Ivanova, Tretyakov A.G. Ekonomicheskaya otsenka al'ternativ ispol'zovaniya lesnykh resursov [Economic assessment of alternatives for the use of forest resources]. Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika=Current areas of scientific research in the 21st century: theory and practice. 2023; 11; 1(60);101-116. DOI: <https://doi.org/10.34220/2308-8877-2023-11-1-101-116> (In Russ.).

14. Morkovina S.S., Kuznetsov D.K. Ekonomika «klimaticheskikh proyektov v lesakh» kak sostavlyayushchaya nizkouglerodnogo razvitiya: analiz fenomena [Economy of "climate projects in forests" as a component of low-carbon

development: analysis of the phenomenon]. Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyajstva=Transactions of the St. Petersburg Research Institute of Forestry. 2023; 2; 99-113. DOI: <https://doi.org/10.21178/2079-6080.2023.2.99> (In Russ.).

15. Morkovina S.S., Panyavina E.A., Zinovieva I.S. Upravleniye realizatsiyey lesoklimaticheskikh proyektov v RF: perspektivy i riski [Management of the implementation of forest climate projects in the Russian Federation: prospects and risks]. Yestestvenno-gumanitarnyye issledovaniya= Natural and humanitarian studies. 2022; 40(2); 198-202. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49442810> (In Russ.).

16. Ptichnikov A.V., Schwartz E.A., Popova G.A., Baibar A.S. Rol' lesov v realizatsii strategii nizkouglerodnogo razvitiya Rossii [The role of forests in the implementation of Russia's low-carbon development strategy]. Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o Zemle= Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences. 2022; 507; 1; 153-158. DOI: <https://doi.org/10.31857/S268673972260120X> (In Russ.).

17. Ptichnikov A.V., Schwartz E.A. Sovremennaya klimaticheskaya povestka: kakiye izmeneniya aktual'ny v lesnom khozyaystve Rossii? [Modern climate agenda: what changes are relevant in forestry in Russia?] Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii = News of the St. Petersburg Forest Engineering Academy. 2023; 242; 129-142. – DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.242.129-142> (In Russ.).

18. Timofeeva E.A. Klimaticheskiye projekty: chto mozhno predlozhit' predpriyatiyam [Climate projects: what can be offered to enterprises]. Ekologiya proizvodstva= Ecology of production. 2023; 6(227); 72-81. – DOI: <https://doi.org/10.33465/2078-3981-2023-227-6-70-79> (In Russ.).

19. Rekomendacii po planirovaniyu i proektirovaniyu fonda lesovosstanovleniya na ploshchadyah, proydennyh lesnymi pozharemi i vetrovalami [Recommendations on forest regeneration stock planning and design in areas damaged by wildfires and windfalls]. – Pushkino, VNIILM. 2019; 36 с. URL: [https://vniilm.ru/media/edition2019/Reforestation\\_areas\\_forest\\_fires\\_and\\_windfalls.pdf](https://vniilm.ru/media/edition2019/Reforestation_areas_forest_fires_and_windfalls.pdf) (In Russ.).

20. Shanin V.N., Frolov P.V., Korotkov V.N. Vsegda li iskusstvennoe lesovosstanovlenie mozhet byt' lesoklimaticheskim proektom? [Can artificial reforestation always be a forest-climatic project?] Voprosy lesnoj nauki= Issues of Forest Science. – 2022; 5; 2; 103-139. – DOI: <https://doi.org/10.31509/2658-607x-202252-106> (In Russ.).

### Сведения об авторах

*Морковина Светлана Сергеевна* – доктор экономических наук, профессор, проректор по науке и инновациям, заведующий кафедрой менеджмента и экономики предпринимательства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3776-5181>, e-mail: [tc-sveta@mail.ru](mailto:tc-sveta@mail.ru).

*Иванова Анна Владимировна* – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и экономики предпринимательства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3972-4378>, e-mail: [anna\\_iv\\_1989@mail.ru](mailto:anna_iv_1989@mail.ru).

*Писарева Светлана Вячеславовна* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0025-7749>, e-mail: [pisareva\\_s@mail.ru](mailto:pisareva_s@mail.ru).

*Манмарева Валерия Владимировна* – аспирантка ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-2420-0474>, e-mail: [tinarydere@list.ru](mailto:tinarydere@list.ru).

*Прядилина Наталья Константиновна* – доцент, кандидат экономических наук кафедры экономики и экономической безопасности ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», ул. Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, 620100, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8136-3660>, e-mail: [pryadiilinank@m.usfeu.ru](mailto:pryadiilinank@m.usfeu.ru).

### Information about the authors

*Svetlana S. Morkovina* – Dr. Sci. (Economics), Professor, Vice-Rector for Science and Innovation, Head of the Department of Management and Economics of Entrepreneurship, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva str., Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3776-5181>, e-mail: [tc-sveta@mail.ru](mailto:tc-sveta@mail.ru).

*Anna V. Ivanova* – Cand. Sci. (Economics), Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva str., Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3972-4378>, e-mail: [anna\\_iv\\_1989@mail.ru](mailto:anna_iv_1989@mail.ru).

*Svetlana V. Pisareva* – candidate of physics and mathematics, associate professor of the Department of automation of industrial processes, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva str., Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0025-7749>, e-mail: [pisareva\\_s@mail.ru](mailto:pisareva_s@mail.ru).

*Manmareva Valeria Vladimirovna* – postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva str., Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-2420-0474>, e-mail: [tinarydere@list.ru](mailto:tinarydere@list.ru).

*Natalya K. Pryadilina* – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Economic Security, Ural State Forestry Engineering University, 37, Siberian tract, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8136-3660>, e-mail: [pryadilinank@m.usfeu.ru](mailto:pryadilinank@m.usfeu.ru).

✉ – Для контактов/Corresponding author