

DOI: 10.58168/GrEGrR2026_112-116

УДК 332.1 + 630*4

**К ВОПРОСУ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ АГРОЛЕСОВОДСТВА
В СИСТЕМЕ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ
ON THE ECONOMIC EFFECTS OF AGROFORESTRY
IN A LOW-CARBON DEVELOPMENT SYSTEM**

Колесниченко Е.А., д.э.н., профессор
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
университет имени Г.Р. Державина»,
г. Тамбов, Россия.

Лопатин В.В., аспирант
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия.

Kolesnichenko E.A., Doktor of Economic
Sciences, Professor
Tambov State University named after
G.R. Derzhavin, Tambov, Russia.

Lopatin V.V., postgraduate student
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia.

Аннотация: в статье проведен расчет возможного экономического эффекта от реализации углеродных единиц на свободных рынках для различных лесных полос. Выполнена классификация лесных полос по критерию среднегодового поглощения CO₂. К первой модели отнесены высокоэффективные лесные полосы с поглощением 8,5 т CO₂/га/год. Вторая модель представлена лесными полосами с поглощением 3,5-5,8 т CO₂/га/год. Третья модель включает лесные полосы с низким поглощением 1,6-1,8 т CO₂/га/год. Четвёртая модель объединяет насаждения со средним поглощением около 0,95 т CO₂/га/год. При вариации стоимости углеродных единиц от 500 до 2500 рублей экономический эффект от реализации различных моделей составит от 475 до 21400 рублей с 1 гектара в год.

Abstract: The article calculates the potential economic impact of selling carbon units on open markets for various forest belts. Forest belts are classified based on average annual CO₂ absorption.

The first model includes highly effective forest belts with absorption of 8.5 t CO₂/ha/year. The second model includes forest belts with absorption of 3.5-5.8 t CO₂/ha/year. The third model includes forest belts with low absorption of 1.6-1.8 t CO₂/ha/year. The fourth model includes stands with an average absorption of approximately 0.95 t CO₂/ha/year. With the price of carbon units varying from 500 to 2,500 rubles, the economic impact of implementing the various models will range from 475 to 21,400 rubles per hectare per year.

Ключевые слова: мелиоративное лесоразведение, поглощение углерода, стоимость углеродных единиц, экономическая эффективность лесоразведения

Keywords: reclamation afforestation, carbon sequestration, carbon cost, economic efficiency of afforestation

В целях корректного сопоставления эффективности различных лесных полос в поглощении диоксида углерода на основе совокупности количественных и качественных признаков, включающих уровень среднегодового поглощения CO₂ (т/га/год), возрастную структуру древостоев, породный состав, санитарное состояние, а также особенности конструкции и эксплуатационного состояния насаждений [2], выполнена классификация лесных полос и выделено четыре типа функционально-продуктивных моделей [3].

Ключевым критерием группировки послужил именно показатель среднегодового

поглощения CO_2 как интегральная характеристика темпа накопления углерода, отражающая эффективность функционирования лесной полосы как поглотителя углерода [4]. Анализ исходных данных показал, что значения среднегодового поглощения CO_2 в исследуемых лесных полосах варьируют в очень широком диапазоне – от 0,20 до 12,45 т $\text{CO}_2/\text{га}/\text{год}$, что свидетельствует о выраженной неоднородности лесных полос по уровню биологической продуктивности и углеродной функции, что обусловлено различиями в породном составе, возрасте, состоянии насаждений, а также в условиях их создания и последующего ухода.

К первой модели отнесены высокоэффективные смешанные широколиственные лесные полосы, характеризующиеся наибольшими значениями среднегодового поглощения CO_2 , в среднем порядка 8,5 т $\text{CO}_2/\text{га}/\text{год}$, при диапазоне значений от 6,0 до 12,45 т $\text{CO}_2/\text{га}/\text{год}$. Данная модель объединяет насаждения с относительно высокими запасами углерода в фитомассе и мёртвом органическом веществе, а также с максимальными показателями прироста фитомассы. Общей чертой этих полос является смешанный породный состав с участием дуба как долговечного структурообразующего элемента и сопутствующих пород (клён, берёза, ясень), обеспечивающих высокий темп наращивания биомассы. В климатическом отношении такие лесные полосы реализуют оптимальный баланс между накопленным углеродным запасом и текущим поглощением CO_2 , что делает их наиболее эффективными для условий Центральной лесостепи.

Вторая модель представлена лесными полосами со средней эффективностью поглощения CO_2 , для которых среднегодовые значения составляют в среднем около 4,8 т $\text{CO}_2/\text{га}/\text{год}$, при колебаниях в диапазоне 3,5–5,8 т $\text{CO}_2/\text{га}/\text{год}$. К этой группе относятся в основном смешанные или преимущественно дубовые насаждения, находящиеся в стабильном, но менее продуктивном состоянии по сравнению с моделью I. Ограничивающими факторами здесь выступают либо возрастное снижение темпов прироста, либо частичная деградация древостоев, проявляющаяся в снижении полноты, разреженности крон и росте доли сухостоя.

Третья модель включает лесные полосы с низким темпом среднегодового поглощения CO_2 порядка 1,6–1,8 т $\text{CO}_2/\text{га}/\text{год}$. К данной группе относятся преимущественно старовозрастные или ослабленные насаждения, а также лесные полосы, находящиеся в стадии деградации или требующие реконструкции. Несмотря на то, что такие полосы могут сохранять определённые накопленные запасы углерода, их текущий секвестрационный потенциал существенно снижен вследствие резкого падения прироста, роста доли мёртвой органической массы и ухудшения санитарного состояния. В углеродном балансе этих насаждений наблюдается смещение акцента от активного поглощения CO_2 к относительной стабилизации или даже потенциальному риску увеличения эмиссии при дальнейшем разрушении древостоя.

Четвёртая модель объединяет молодые защитные лесные насаждения. Для этой модели характерны минимальные значения среднегодового поглощения CO_2 – в среднем около 0,95 т $\text{CO}_2/\text{га}/\text{год}$, при диапазоне от 0,20 до 2,32 т $\text{CO}_2/\text{га}/\text{год}$. Низкая эффективность данных насаждений обусловлена прежде всего их молодым возрастом и, как следствие, малыми накопленными запасами углерода, а также недостаточной сомкнутостью крон, повреждениями, наличием сухостоя и неоднородным качеством лесоводственных уходов.

Анализ влияния породного состава на эффективность поглощения диоксида углерода лесными полосами в условиях Центральной лесостепи показал, что наибольшие значения

среднегодового поглощения CO_2 характерны для смешанных широколиственных насаждений, сформированных с участием дуба, клёна, берёзы и ясеня. Именно такие лесные полосы занимают верхние позиции в ранжировании по показателю среднегодового поглощения CO_2 , что указывает на их высокую климатическую эффективность в рассматриваемых природно-климатических условиях [6].

Характерной особенностью наиболее эффективных полос является не только сам породный состав, но и сбалансированное соотношение пород. Дуб в таких насаждениях выполняет функцию долговечного структурного элемента, формирующего устойчивую основу древостоя и обеспечивающего долгосрочное накопление углерода. В то же время клён, ясень и берёза, обладающие более высокими темпами прироста в молодом и средневозрастном состоянии, вносят существенный вклад в увеличение текущего годового прироста фитомассы. Такое функциональное разделение ролей между породами позволяет смешанным насаждениям поддерживать высокий уровень продуктивности на протяжении длительного периода.

Представленный на рисунке 1 материал отражает сопоставление теоретических зависимостей запаса древесины от возраста, полученных по таблицам хода роста дубовых насаждений для различных классов бонитета, с фактическими данными полевых обследований защитных лесных полос с преобладанием дуба. Такое сопоставление позволяет оценить соответствие реального состояния лесных полос нормативным моделям роста и обосновать выбор параметров для дальнейших расчётов углеродного баланса.

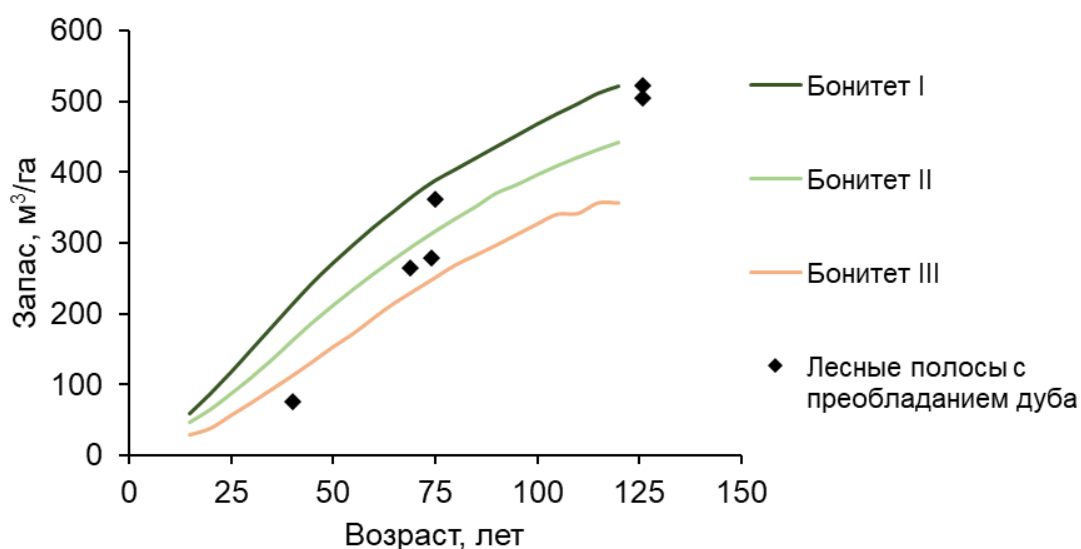


Рисунок 1 – Зависимость запаса древесины в насаждениях дуба от возраста по таблицам хода роста и фактические данные по запасу обследованных лесных полос с преобладанием дуба

Фактические данные обследованных лесных полос с преобладанием дуба, нанесённые на график в виде отдельных точек, в большинстве случаев располагаются ниже кривых бонитетов I и II и тяготеют к значениям, соответствующим бонитету III, а в отдельных возрастных интервалах – даже к нижней границе данного класса. Это свидетельствует о том, что реальный рост и накопление древесной массы в защитных лесных полосах, как правило, происходит в условиях, менее благоприятных по сравнению с модальными лесными

насаждениями. Такой подход позволяет избежать переоценки запасов фитомассы и углерода, обеспечивает соответствие расчётных параметров фактическому состоянию защитных лесных насаждений и повышает надёжность получаемых оценок.

Учитывая стоимость углеродных единиц на свободных рынках от 500 до 2500 рублей [5] определим экономические эффекты [1] от агролесоростства по представленным моделям (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика моделей лесных полос по среднегодовому поглощению CO₂ и их основным структурно-функциональным характеристикам

Модель (тип)	Среднегодовое поглощение, тCO ₂ /га/год (среднее; диапазон)	Характерные особенности	Экономический эффект от продажи углеродных единиц на свободных рынках (руб.)				
			500	1000	1500	2000	2500
Модель I – высокоэффективные смешанные широколиственные	8,56; 6,03–12,45	Высокие запасы углерода и высокий текущий прирост; часто смешанный многовидовой состав древостоя (Дч/Кло/Б/Яс), высокая сомкнутость и жизнеспособность	4280	8560	12840	17120	21400
Модель II – средняя эффективность (стабильные, но без активного поглощения)	4,85; 3,53–5,81	Смешанные или дубовые лесополосы со средним темпом накопления углерода; снижено поглощение из-за ряда факторов (возраст, частичная деградация, потребность в санитарно-оздоровительных мероприятиях)	2425	4850	7275	9700	12125
Модель III – низкая эффективность (старение или ослабление)	1,68; 1,62–1,79	Старовозрастные и/или ослабление; накопление сохраняется, но темпы его резко снижаются	840	1680	2520	3360	4200
Модель IV – относительно молодые ЗЛН	0,95; 0,20–2,32	Малые накопленные запасы углерода (молодой возраст и невысокая сомкнутость полога, повреждения)	475	950	1425	1900	2375

Таким образом, полученные результаты демонстрируют, что ключевыми факторами высокой климатической эффективности лесных полос в условиях Центральной лесостепи являются оптимальный породный состав, преобладание средневозрастных деревьев, удовлетворительное санитарное состояние и сохранение полноты древостоя, тогда как старение, деградация и стадия молодняков существенно ограничивают текущий темп накопления углерода [3]. При реализации различных моделей агролесоводства за счет реализации углеродных единиц в год можно получить от 475 до 21400 рублей с 1 гектара. При этом следует учитывать, что высокие значения накопленных запасов углерода в спелых или перестойных древостоях лесных полос не всегда сопровождаются сопоставимо высокими значениями среднегодового поглощения CO₂, поскольку по мере старения древостоев и ухудшения их состояния происходит закономерное снижение текущего прироста, а также возрастает доля сухостоя и мёртвой органической массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, М. Е. Перспективы инвестирования в лесоклиматические проекты в России / М. Е. Кузнецов, А. В. Стеценко, М. И. Никишова // Экономическая политика. – 2022. – Т. 17, № 5. – С. 26-53.
2. Михин, Д. В. Эколого-мелиоративные особенности полезащитных насаждений Воронежской области / Д. В. Михин // Современные проблемы науки и образования. – 2013. № 6. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11575> (дата обращения: 09.09.2025).
3. Лесовосстановление и углеродный баланс лесных экосистем Центральной лесостепи Европейской части России: вызовы и перспективы устойчивого развития / С. С. Морковина, Е. А. Колесниченко, Н. В. Яковенко, С. С. Шешнищан, А. Н. Водолажский // Юг России: экология, развитие. – 2025. – Т. 20. № 2 (75). – С. 107-124.
4. Сорокина, Д. Д. Сравнительный анализ и оценка методик расчета поглощения парниковых газов лесными экосистемами, применяемых в Российской Федерации / Д. Д. Сорокина, А. В. Птичников, А. А. Романовская // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2023. – Т. 87, № 4. – С. 497-511. DOI 10.31857/S2587556623040131.
5. Углеродное регулирование как инструмент государственной политики стимулирования глубокой переработки лесного сырья в России / А. И. Пыжев, Р. В. Гордеев, Е. В. Зандер, Ю. И. Пыжева // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2024. – Т. 17, № 6. – С. 1183-1191.
6. Лесомелиоративный потенциал защитного лесоразведения в Центральной лесостепи Европейской части Российской Федерации / Н. Н. Харченко, А. Н. Цепляев, Е. А. Колесниченко, Н. В. Рыбалкина, В. Д. Тунякин // Лесотехнический журнал. – 2026. – Т. 16. № 1 (61). – С. 283-303.

REFERENCES

1. Kuznetsov M.E., Stetsenko A.V., Nikishova M.I. 2022. Prospects of investing in forest climate projects in Russia // Economic Policy, Vol. 17, No. 5. pp. 26-53.
2. Mikhin D.V. Ecological and meliorative features of protective plantings in the Voronezh region // Modern problems of science and education. 2013. No. 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11575> (date of request: 09.09.2025)
3. Morkovina S.S., Kolesnichenko E.A., Yakovenko N.V., Sheshnitsan S.S., Vodolazhsky A.N. Reforestation and carbon balance of forest ecosystems of the Central forest steppe of the European part of Russia: challenges and prospects of sustainable development // South of Russia: ecology, development. 2025. Vol. 20. No. 2 (75). pp. 107-124.
4. Sorokina D. D., Ptichnikov A.V., Romanovskaya A.A. Comparative analysis and evaluation of methods for calculating greenhouse gas uptake by forest ecosystems used in the Russian Federation // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is geographical. 2023. Vol. 87, No. 4. pp. 497-511. DOI 10.31857/S2587556623040131
5. Carbon regulation as a tool of state policy to stimulate deep processing of forest raw materials in Russia / A. I. Pyzhev, R. V. Gordeev, E. V. Zander, Yu. I. Pyzheva // Journal of the Siberian Federal University. Series: Humanities. – 2024. – Vol. 17, No. 6. – pp. 1183-1191
6. Kharchenko N.N., Tseplyaev A.N., Kolesnichenko E.A., Rybalkina N.V., Tunyakin V.D. Forest reclamation potential of protective afforestation in the Central forest steppe of the European part of the Russian Federation // Forestry Engineering Journal. 2026. Vol. 16. No. 1 (61). pp. 283-303.