

Оригинальная статья  
<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-145-150>  
УДК 630\*.161.32:553.61



## ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА ПРИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОМ НАПРАВЛЕНИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ ГЛИНЫ

Р.А. Осипенко, С.В. Залесов<sup>✉</sup>, В.С. Котова, С.А. Медведев, И.В. Предеина

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»; 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Россия

**Аннотация.** Предпринята попытка проанализировать возможность создания карбоновых ферм на выработанных карьерах глины в Средне-Уральском таежном лесном районе. В основу исследований положен метод пробных площадей, обеспечивающий получение объективных данных о производительности искусственных насаждений, созданных на нарушенных в процессе добычи глины землях. Установлено, что в указанном лесном районе лесохозяйственное направление рекультивации обеспечивает формирование относительно производительных сосновых насаждений. Последние в процессе фотосинтеза извлекают из атмосферного воздуха углекислый газ, депонируя в своих тканях углерод, уменьшая тем самым долю парниковых газов и замедляя изменение климата. Уже к 50-летнему возрасту только в стволовой древесине депонируется до 120 т/га углерода. Углерод в древесине депонируется не только на период ее выращивания, но и на период использования продукции ее переработки (мебель, плиты, деревянные конструкции и т.д.), то есть на неопределенный срок. Следовательно, можно констатировать, что создание на выработанных карьерах глины карбоновых ферм посадкой 2-летних сеянцев сосны обыкновенной не только решает проблему обеспечения промышленности древесиной и улучшения экологической обстановки, но и реализует проект по замедлению изменения климата.

**Ключевые слова:** нарушенные земли, выработанные карьеры глины, рекультивация, сосна обыкновенная, карбоновые фермы, климатический проект

**Формат цитирования:** Осипенко Р.А., Залесов С.В., Котова В.С., Медведев С.А., Предеина И.В. Депонирование углерода при лесохозяйственном направлении рекультивации выработанных карьеров глины // Природообустройство. 2025. № 2. С. 145-150. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-145-150>

Original article

## CARBON SEQUESTRATION IN THE FORESTRY DIRECTION OF RECLAMATION OF DEPLETED CLAY QUARRIES

R.A. Osipenko, S.V. Zalesov<sup>✉</sup>, V.S. Kotova, S.A. Medvedev, I.V. Predeina

Ural State Forestry Engineering University: 37 Sibirskiy Trakt, Yekaterinburg, 620100, Russia

**Abstract.** An attempt was made to analyze the possibility of creating carbon farms on worked out clay quarries in the Middle Ural taiga forest region. The research is based on the method of trial plots which ensures the receipt of objective data on productivity of artificial plantations created on lands disturbed by clay extraction process. It has been established that in the specified forestry regions the forestry direction of reclamation ensures the formation of relatively productive pine plantations. The latter, in the process of Photosynthesis extract carbon dioxide from the atmospheric air, depositing carbon in their tissues, thereby reducing the share of greenhouse gases and slowing down climate change. By the age of 50, up to 120 t/ha of carbon is deposited in stem wood alone. Carbon in wood is stored not only for the period of its cultivation, but also for the period of use of its processed products (furniture, boards, wooden structures, etc.), that is, for an indefinite period. Therefore, it can be stated that the creation of carbon farms on depleted clay quarries by planting 2-year-old seedlings of Scots pine solves not only the problem of providing the industry with wood and improving the environmental situation, but also implements a project to slow down climate change.

**Keywords:** disturbed lands, worked out clay quarries, reclamation, scots pine, carbon farms, climate project

**Format of citation:** Osipenko R.A., Zalesov S.V., Kotova V.S., Medvedev S.A., Predeina I.V. Carbon sequestration in the forestry direction of reclamation of depleted clay quarries // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 2. P. 145-150. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-145-150>

**Введение.** Глобальной проблемой современности является изменение климата на нашей планете. Повышение температуры воздуха при сокращении количества осадков во многих регионах приводит к ряду негативных последствий. Это проявляется в увеличении потенциальной горимости лесов [1-4], снижении устойчивости насаждений и развитии эпифитотий вредных насекомых [5], сокращении биологического разнообразия [6, 7] и т.д. Особенно четко данные процессы проявляются в экстремальных условиях экотонов [8, 9].

Изменение климата обусловлено увеличением в составе атмосферного воздуха парниковых газов. Одним из последних является углекислый газ, который усваивается зелеными растениями в процессе фотосинтеза, и углерод используется ими для создания клеток и тканей. В то же время травянистые растения, депонирующие значительное количество углерода в течение короткого периода, возвращают основную его массу обратно в атмосферу в процессе перегнивания. Совершенно другая картина складывается у древесных растений, которые депонируют углерод в древесине не только на период роста, но и в последующем – в продуктах ее переработки, то есть в мебели, плитках и т.д. Другими словами, древесная растительность при своевременной ее переработке депонирует углерод на неопределенно длительный срок.

В соответствии со Стратегией социально-экономического развития Российской Федерации в связи с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [10] предусмотрено увеличение поглощающей способности управляемых экосистем более чем в 2,2 раза: с 535 млн т  $\text{CO}_2$  – эквивалента в настоящее время – до 1200 млн т к 2050 г.

Одним из путей претворения вышеуказанной стратегии является реализация лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель, а также создание на территории последних карбоновых ферм. На Урале имеется значительный опыт лесохозяйственного направления рекультивации различных видов нарушенных земель [11-16]. Однако крайне недостаточно данных о формировании древесной растительности на выработанных карьерах глины [17], а имеющиеся работы касаются прежде всего формирования травянистых ассоциаций [18, 19]. Все это и определило направление выполненных исследований.

**Цель исследований:** оценка динамики накопления углерода искусственными сосновыми насаждениями, созданными на выработанных карьерах глины в условиях Средне-Уральского

таежного лесного района, и определение возможности создания на них карбоновых ферм.

#### **Материалы и методы исследований.**

В основу исследований положен метод пробных площадей (ПП). Пробные площади закладывались в типичных местах таксационных выделов с учетом требований апробированных в районе исследований методик [20, 21]. По форме ПП были прямоугольными с варьированием площади от 0,25 до 0,30 га, что обеспечивало наличие на них не менее 250 деревьев преобладающей породы. На ПП производился сплошной пересчет деревьев с замером диаметров на высоте 1,3 м. Для построения кривых высот и установления средней высоты производился обмер 20-25 модельных деревьев пропорционально их количеству в ступенях толщины. Средний диаметр устанавливался через сумму площадей сечений. Для определения запаса древостоя использовались таблицы объемов стволов в коре разных пород [22]. Возраст искусственных сосновых насаждений устанавливался по книге учета лесных культур Сухоложского лесничества.

Определение задепонированного в древесной растительности углерода производилось с использованием конверсионных коэффициентов, приведенных в действующих методических рекомендациях [23].

Объектом исследований служили искусственные сосновые насаждения, созданные в разные годы на выработанных карьерах глины в Сухоложском лесничестве Свердловской области. Территория последнего в соответствии с действующими нормативными документами относится к Средне-Уральскому таежному лесному району. Выбор для создания лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) обусловлен ее низкой требовательностью к плодородию почвы и устойчивостью к заморозкам [24].

Лесные культуры создавались 2-летними сеянцами рядовой посадкой под меч Колесова. Предварительно на части выработанных карьеров наносился слой вскрышных пород толщиной 10-15 см. По причине слабого развития живого напочвенного покрова и низкой конкуренции со стороны мягколиственных пород агротехнические и лесоводственные уходы в созданных лесных культурах не проводились.

**Результаты и их обсуждение.** В таблице приведена характеристика искусственных древостоев с преобладанием сосны, произрастающих на рекультивированных глиняных карьерах Свердловской области. Исследуемые карьеры находятся в окрестностях городов Асбест, Богданович и Сухой Лог. Сбор полевых данных

Таблица. Характеристика искусственных сосняков  
на рекультивированных глиняных карьерах

Table 1. Characteristics of artificial pine forests in reclaimed clay quarries

| Код ПП<br>TP Code | Состав<br>насаждения<br>Planting<br>composition | Средний возраст<br>преобладающей породы,<br>лет<br>Average age<br>of the predominant breed, years | Густота<br>древостоя,<br>шт./га<br>Stand density,<br>pcs / ha | Запас<br>древесины, м <sup>3</sup> /га<br>Timber stock,<br>m <sup>3</sup> / ha | Депонированный<br>углерод, т/га<br>Carbon<br>sequestered, t / ha |
|-------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 6Б                | 10С                                             | 6                                                                                                 | 1875                                                          | 1                                                                              | 0,4                                                              |
| 1Б                | 10С+С+Б                                         | 13                                                                                                | 1324                                                          | 17                                                                             | 6,3                                                              |
| A9                | 8С2С+Е+Б+Ос                                     | 13                                                                                                | 5451                                                          | 19                                                                             | 7,0                                                              |
| A10               | 10С+Б                                           | 13                                                                                                | 9548                                                          | 9                                                                              | 3,3                                                              |
| A12               | 10С                                             | 18                                                                                                | 4423                                                          | 30                                                                             | 11,1                                                             |
| A8                | 10С                                             | 19                                                                                                | 5457                                                          | 52                                                                             | 19,2                                                             |
| 3Б                | 7С3Л                                            | 22                                                                                                | 1817                                                          | 120                                                                            | 44,4                                                             |
| 4Б                | 10С                                             | 22                                                                                                | 1513                                                          | 106                                                                            | 39,2                                                             |
| A14               | 10С+Е+Б                                         | 22                                                                                                | 3891                                                          | 97                                                                             | 35,9                                                             |
| A7                | 10С                                             | 23                                                                                                | 4739                                                          | 136                                                                            | 50,3                                                             |
| A13               | 10С                                             | 24                                                                                                | 5088                                                          | 119                                                                            | 44,0                                                             |
| A6                | 10С+Б+Ос                                        | 26                                                                                                | 7167                                                          | 162                                                                            | 59,9                                                             |
| A5                | 9С1Б+Ос                                         | 34                                                                                                | 2509                                                          | 262                                                                            | 96,9                                                             |
| A4                | 8С1Б1Ос+К                                       | 36                                                                                                | 3500                                                          | 257                                                                            | 95,1                                                             |
| 5Б                | 10С                                             | 37                                                                                                | 3404                                                          | 251                                                                            | 92,9                                                             |
| C2                | 10С                                             | 40                                                                                                | 3406                                                          | 301                                                                            | 111,4                                                            |
| A1                | 10С+Б+Ос                                        | 46                                                                                                | 2080                                                          | 317                                                                            | 100,8                                                            |
| A3                | 10С+Б+Ос                                        | 46                                                                                                | 2304                                                          | 337                                                                            | 107,2                                                            |
| A2                | 9С1Б                                            | 51                                                                                                | 2195                                                          | 329                                                                            | 104,6                                                            |
| C1                | 10С                                             | 53                                                                                                | 2871                                                          | 395                                                                            | 125,6                                                            |

осуществлялся в 2020 и 2021 гг. Сосняки характеризуются I-III классами бонитета. Данные о внешнем виде выращиваемых на бывшем карьере добычи глины искусственных сосновых насаждениях представлены на рисунке 1. Более подробная информация о местоположении и таксационная характеристика исследуемых лесных культур приведены в работах [17, 25].

Конверсионный коэффициент для расчета запаса углерода в биомассе древостоя по объемному запасу древесины для сосняков, произрастающих на рекультивированных глиняных карьерах в условиях южной тайги, для молодых (до 40 лет) – 0,370, для средневозрастных (41-80 лет) насаждений – 0,318 [23].

На рисунке 2 приведена динамика накопления углерода в биомассе сосновых древостоев, произрастающих на рекультивированных карьерах добычи глины в условиях Средне-Уральского таежного лесного района. Для построения линии тренда рисунка 5 использовалось уравнение Теразаки:

$$Y = ae^{-b/x}, \quad (1)$$

где Y – искомый таксационный показатель, см; x – средний возраст древостоя, лет; e – постоянная Эйлера; a, b, – коэффициенты уравнения.

Рис. 1. Внешний вид искусственных  
сосновых насаждений  
на рекультивированном карьере  
добычи глины (ПП A7)Fig. 1. The appearance of artificial pine plantations  
in a reclaimed clay quarry (TP A7)

Данная функция была выбрана в связи с ее более высоким значением коэффициента детерминации по сравнению с другими испытанными функциями и соответствием уравнения природе исследуемого объекта (отсутствуют резкие загибы концов линии тренда, линия



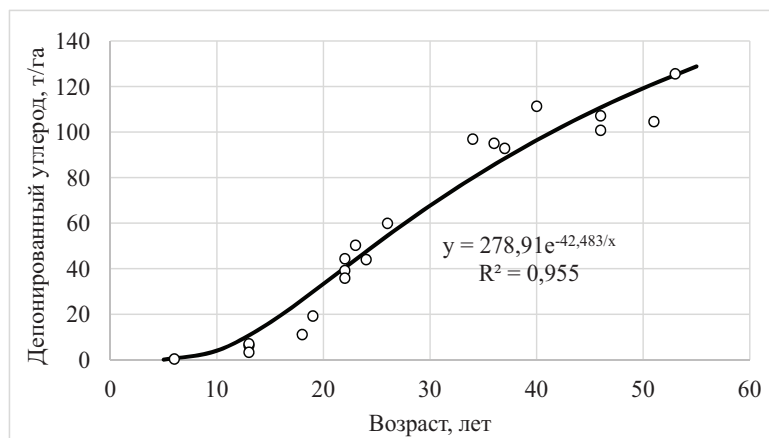


Рис. 2. Динамика накопления углерода в биомассе сосновых древостоев, произрастающих на рекультивированных глиняных карьерах

Fig. 2. Dynamics of carbon accumulation in the biomass of pine stands growing in reclaimed clay quarries

не переходит в зону отрицательных значений). Коэффициенты уравнения Теразаки были посчитаны в программе Statistica-8. Стандартные уравнения программы Excel-2013 не справились с аппроксимацией этих данных на приемлемом уровне.

Полученные результаты не противоречат данным других исследователей, изучающих депонирование углерода сосновыми культурами [26].

### Выводы

1. Выработанные карьеры глины являются одним из широко распространенных видов нарушенных земель.
2. При лесоводственном направлении рекультивации созданием лесных культур сосны обыкновенной на выработанных карьерах глины

формируются сосновые насаждения I-III классов бонитета с запасом стволовой древесины в 53-летнем возрасте 395 м<sup>3</sup>/га.

3. В процессе фотосинтеза сосновые насаждения, созданные на выработанном карьере глины, извлекают углекислый газ из атмосферного воздуха, снижая тем самым долю в нем парниковых газов.

4. Масса задепонированного в древесине углерода в 53-летнем сосновом насаждении составляет 125,6 т/га.

5. Углерод в древесине будет задепонирован не только на период ее выращивания, но и на период использования продукции переработки древесины, то есть на неопределенно длительный срок, что доказывает перспективность создания карбоновых ферм на выработанных карьерах глины.

### Список использованных источников

1. Швиденко Н.З. Климатические изменения и лесные пожары в России / Н.З. Швиденко, Д.Г. Щепашченко // Лесоведение. 2013. № 5. С. 50-61.
2. Архипов Е.В. Динамика лесных пожаров в Республике Казахстан и их экологические последствия / Е.В. Архипов, С.В. Залесов // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (158). С. 10-15.
3. Лескинен П. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука 11. Справочник. / П. Лескинен, М. Линднер, П.-Й. Веркерк и др. // Joensuu: Европейский институт леса, 2020. 140 с. ISSN 2342-9526 (pdf) <https://doi.org/10.36333/wsctu11>
4. Залесов С.В. Пожары и их последствия в Западной Сибири. Монография / С.В. Залесов, Е.П. Платонов, Е.Ю. Платонов. Екатеринбург: УГЛУ, 2022. 191 с.
5. Пирихалава-Карпова Н.Р. Защита еловых лесов от вспышек *Ips typographus* (Обзор) / Н.Р. Пирихалава-Карпова А.А. Карпов, Е.Е. Козловский и др. // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 4. С. 55-67.

### References

1. Shvidenko N.Z. Climatic changes and forest fires in Russia / N.Z. Shvidenko, D.G. Shchepashchenko // Forestry science. 2013. No. 5. P. 50-61.
2. Arkhipov E.V. Dynamics of forest fires in the Republic of Kazakhstan and their environmental consequences / E.V. Arkhipov, S.V. Zalesov // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 4 (158). P. 10-15.
3. Leskinen P. Forests of Russia and climate change. What science can tell us 11 / P. Leskinen, M. Lindner P.-J. Verkerk et al. // Joensuu: European Forest Institute, 2020. 140 p.
4. Zalesov S.V. Fires and their consequences in Western Siberia. Monograph / S.V. Zalesov, E.P. Platonov, E.Y. Platonov. Yekaterinburg: UGLU, 2022. 191 p.
5. Pirtskhalava-Karpova N.R. Protection of spruce forests from outbreaks of *Ips typographus* (Review) / N.R. Pirtskhalava-Karpova A.A. Karpov, E.E. Kozlovsky et al. // Izvestiya vuzov. Forest magazine. 2021. No. 4. P. 55-67.
6. Frelich L.E., Montgomery R.A., Reich P.B. Seven ways a warming climate can kill the Southern

6. Frelich L.E., Montgomery R.A., Reich P.B. Seven ways a warming climate can kill the Southern boreal forest // *Forests*. 2021. V. 12. No 5. 560. <https://doi.org/10.3390.f12050560>
7. Du E., Tang Y. Distinct climate effects on Dahurian larch growth at an Asian temperate-boreal forest ecotone and nearby boreal sites // *Forests*. 2022. V. 13. № 1.27. <https://doi.org/10.3390/f13010027>
8. Evans P., Brown C. The boreal-temperate forest ecotone response to climate change // *Environ. Rev.* 2017. V. 25. P. 423-431. <https://doi.org/10.1139/er-2017-009>
9. Fomin V., Mikhailovich A., Golikov D., Agapitov E. Reconstruction of the expansion of Siberian larch into the mountain tundra in the polar Urals in the 20<sup>th</sup>-early 21st centuries // *Forests*. 2022. V. 13. p. 419. <https://doi.org/10.3390/f13030419>
10. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года от 29.10.2021 г. № 3052-р. URL: <https://government.ru/docs/43708/> (дата обращения: 18.12.2024)
11. Залесов С.В. Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС / С.В. Залесов, Е.С. Залесова, А.А. Зверев и др. // ИВУЗ «Лесной журнал». 2013. № 2. С. 66-73.
12. Залесов С.В. Опыт создания лесных культур на солонцах хорошей лесопригодности / С.В. Залесов, О.В. Толкач И.А. Фрейберг., Н.Ф. Черноусова // *Экология и промышленность России*. 2017. Т. 21. № 9. С. 42-47.
13. Залесов С.В. Рекультивация нарушенных земель на месторождении тантал-бериллия / С.В. Залесов, Е.С. Залесова, Ю.В. Зарипов и др. // *Экология и промышленность России*. 2018. Т. 22. № 12. С. 63-67. DOI: 10.18412/816-0395-2018-12-63-67.
14. Zalesov S.V., Ayan S., Zalesova E.S., Opletaev A.S. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia // *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 2020, 35 (1). P. 7-14. DOI: 10/28955/alinterizbd. 696559.
15. Bachurina A.V., Zalesov S.V., Ayan S. Characteristics of plantations on disturbed lands in copper smelting zone in urals, Russia // *Forest plantations on disturbed lands forestist*, 2022. Xx-xx: 1-9. DOI: 10.5152/forestist. 2022. 22019.
16. Петров А.И. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной на дражных отвалах / А.И. Петров, С.В. Залесов, В.С. Котова // *Сибирский лесной журнал*. 2023. № 3. С. 15-20. DOI: 10.5372/SJFS. 2023.03.02.
17. Залесов С.В. Опыт лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель при разработке месторождений глины, хризотил-асбеста и редкоземельных руд. Монография. / С.В. Залесов, Ю.В. Зарипов, Р.А. Осипенко Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2022. 282 с. EDN: QKHXB
18. Осипенко Р.А. Формирование естественных фитоценозов на выработанном карьере кирпичной глины как начальный этап дальнейшего лесоразведения / Р.А. Осипенко, А.Е. Осипенко, Ю.В. Зарипов и др. // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова*. 2020. № 3. С. 111-117.
19. Осипенко Р.А. Рекультивированные земли как резерв кормовой базы животноводства / Осипенко Р.А., Зарипов Ю.В., Залесов С.В. // *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 5 (208). С. 40-54. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-40-54.
- boreal forest // *Forests*. 2021. V. 12. No 5. 560. <https://doi.org/10.3390.f12050560>
7. Du E., Tang Y. Distinct climate effects on Dahurian larch growth at an Asian temperate-boreal forest ecotone and nearby boreal sites // *Forests*. 2022. V. 13. № 1.27. <https://doi.org/10.3390/f13010027>
8. Evans P., Brown C. The boreal-temperate forest ecotone response to climate change // *Environ. Rev.* 2017. V. 25. P. 423-431. <https://doi.org/10.1139/er-2017-009>
9. Fomin V., Mikhailovich A., Golikov D., Agapitov E. Reconstruction of the expansion of Siberian larch into the mountain tundra in the polar Urals in the 20<sup>th</sup>-early 21st centuries // *Forests*. 2022. V. 13. p. 419. <https://doi.org/10.3390/f13030419>
10. Strategy of socio-economic Development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050, dated 10/29/2021, No. 3052-R. URL: <https://government.ru/docs/43708/> (accessed: 12/18/2024)
11. Zalesov S.V. Formation of artificial plantings at the Reftinskaya GRES ash dump / S.V. Zalesov, E.S. Zalesova, A.A. Zverev, and others // *IVZ "Lesnoy zhurnal"*. 2013. No. 2. P. 66-73.
12. Zalesov S.V., Tolkach O.V., Freiberg I.A., Chernousova N.F. The experience of creating forest crops on salt marshes of good forest suitability // *Ecology and Industry of Russia*. 2017. Vol. 21. No. 9. P. 42-47.
13. Zalesov S.V. Recultivation of disturbed lands at the tantalum-beryllium deposit / S.V. Zalesov, E.S. Zalesova, Yu.V. Zaripov et al. // *Ecology and Industry of Russia*. 2018. Vol. 22. No. 12. P. 63-67. DOI: 10.18412/816-0395-2018-12-63-67.
14. Zalesov S.V., Ayan S., Zalesova E.S., Opletaev A.S. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia // *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 2020, 35 (1). P. 7-14. DOI: 10/28955/alinterizbd. 696559.
15. Bachurina A.V., Zalesov S.V., Ayan S. Characteristics of plantations on disturbed lands in copper smelting zone in urals, Russia // *Forest plantations on disturbed lands forestist*, 2022. Xx-xx: 1-9. DOI: 10.5152/forestist. 2022. 22019.
16. Petrov A.I., Zalesov S.V., Kotova V.S. Efficiency of creation of forest cultures of common pine on drainage dumps // *Siberian Forest Journal*. 2023. No. 3. P. 15-20. DOI: 10.5372/SJFS. 2023.03.02.
17. Zalesov S.V. Experience of forestry reclamation of disturbed lands in the development of deposits of clay, chrysotile asbestos and rare earth ores. Monograph. / S.V. Zalesov Yu.V. Zaripov, R.A. Osipenko Yekaterinburg: Ural State Forestry Institute. Univ., 2022. 282 p. EDN: QKHXB
18. Osipenko R.A. The formation of natural phytocenoses in a brick clay quarry as the initial stage of further forestry/ Osipenko A.E. Osipenko, Yu.V. Zaripov, and others // *Bulletin of the V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy*. 2020. No. 3. P. 111-117.
19. Osipenko R.A. Recultivated lands as a reserve for livestock feed / Osipenko R.A., Zaripov Yu.V., Zalesov S.V. // *Agarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 5 (208). P. 40-54. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-40-54.
20. Bunkova N.P. Fundamentals of phytomonitoring. Training manual. / N.P. Bunkova, S.V. Zalesov, E.S. Zalesova et al. Yekaterinburg: Ural State Forestry Institute. University, 2020. 90 pages.
21. Dancheva A.V. Forest ecological monitoring. Training manual. / Dancheva A.V., Zalesov S.V., Popov A.S. Yekaterinburg: UGLTU, 2023. 146 p. EDN: TSYQQQ.

20. Бунькова Н.П. Основы фитомониторинга. Учебное пособие. / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.С. Залесова и др. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.

21. Данчева А.В. Лесной экологический мониторинг. Учебное пособие. / Данчева А.В., Залесов С.В., Попов А.С. Екатеринбург: УГЛУТУ, 2023. 146 с. EDN: TSYQQQ

22. Нагимов З.Я. Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала. Учебное пособие / З.Я. Нагимов, Л.А. Лысов, И.Ф. Коростелев и др. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 160 с.

23. Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации 27.05.2022 № 371. URL: <https://docs.cntd.ru/document/350962750> (Дата обращения 13.12.2024).

24. Котова В.С. Определение перспективности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) для создания карбоновых ферм / В.С. Котова, И.Е. Корчагин, Е.П. Розинкина и др. // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 3-13. DOI: 10.51318/FRET. 2023.3.86.001.

25. Осипенко Р.А. Эффективность лесохозяйственного направления рекультивации выработанных карьеров глины в Средне-Уральском таежном лесном районе / Р.А. Осипенко, С.В. Залесов, Ю.В. Зарипов // Лесохозяйственная информация. 2022. № 4. С. 96-102. DOI: 10.24419/LHI. 2304-3083.2022.4.09

26. Чураков Б.П. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны / Б.П. Чураков, Е.В. Манякина // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 1. С. 125-129.

22. Nagimov Z.Ya. Normative reference materials on forest taxation in the Urals. Training manual. / Z.Ya. Nagimov L.A. Lysov, I.F. Korostelev, and others. Yekaterinburg: Ural State Forestry Institute. Univ., 2002. 160 p.

23. On approval of methods for quantifying greenhouse gas Emissions and greenhouse gas removals: Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation No. 371 dated 05/27/2022. URL: <https://docs.cntd.ru/document/350962750> (Accessed 13.12.2024).

24. Kotova V.S. Determination of the prospects of the common pine (*Pinus sylvestris* L.) for the creation of carbon farms / V.S. Kotova, I.E. Korchagin, E.P. Rozinkina et al. // Forests of Russia and agriculture in them. 2023. № 3 (86). pp. 3-13. DOI: 10.51318/FRET. 2023.3.86.001.

25. Osipenko R.A., Zalesov S.V., Zaripov Yu.V. Efficiency of forestry in the reclamation of depleted clay quarries in the Middle Ural taiga forest region // Forestry Information. 2022. No. 4. P. 96-102. DOI: 10.24419/LHI. 2304-3083.2022.4.09

26. Churakov B.P. Carbon deposition by pine crops of different ages / B.P. Churakov, E.V. Manyakina // Ulyanovsk Medical and Biological Journal. 2012. No. 1. P. 125-129.

#### Сведения об авторах

**Регина Александровна Осипенко**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесоводства; ORCID: 0000-0003-3359-3079; Author ID: 1026584; [osipenkora@m.usfeu.ru](mailto:osipenkora@m.usfeu.ru)

**Сергей Вениаминович Залесов**, д-р с.-х. наук, профессор; заведующий кафедрой лесоводства; ORCID: 0000-0003-3779-410x; AuthorID: 185418; [zalesovsv@m.usfeu.ru](mailto:zalesovsv@m.usfeu.ru)

**Вероника Сергеевна Котова**, учащаяся Уральского лесного колледжа; ORCID: 0000-0001-7342-5577; [Veronikakotova8800@gmail.com](mailto:Veronikakotova8800@gmail.com)

**Семен Александрович Медведев**, магистр; ORCID: 0009-0004-4211-605x

**Ирина Владимировна Предеина**, канд. с.-х. наук, докторант кафедры лесоводства; ORCID: 0009-0003-6806-8968; [predeinaiv@m.usfeu.ru](mailto:predeinaiv@m.usfeu.ru)

#### About the authors

**Regina A. Osipenko**, CSc (Agro), associate professor of the department of forestry; ORCID: 0000-0003-3359-3079; Author ID: 1026584; [osipenkora@m.usfeu.ru](mailto:osipenkora@m.usfeu.ru)

**Sergey V. Zalesov**, DSc (Agro), professor; head of the department of forestry; ORCID: 0000-0003-3779-410x; AuthorID: 185418; [zalesovsv@m.usfeu.ru](mailto:zalesovsv@m.usfeu.ru)

**Veronika S. Kotova**, a student at the Ural Forestry College; ORCID: 0000-0001-7342-5577; [Veronikakotova8800@gmail.com](mailto:Veronikakotova8800@gmail.com)

**Semyon A. Medvedev**, master's degree holder; ORCID: 0009-0004-4211-605x

**Irina V. Predeina**, CSc (Agro), doctoral candidate of the department of forestry; ORCID: 0009-0003-6806-8968; [predeinaiv@m.usfeu.ru](mailto:predeinaiv@m.usfeu.ru)

#### Критерии авторства / Authorship criteria

Осипенко Р.А., Залесов С.В., Котова В.С., Медведев С.А., Предеина И.В. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Осипенко Р.А., Залесов С.В., Котова В.С., Медведев С.А., Предеина И.В. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Osipenko R.A., Zalesov S.V., Kotova V.S., Medvedev S.A., Predeina I.V. performed theoretical studied, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Osipenko R.A., Zalesov S.V., Kotova V.S., Medvedev S.A., Predeina I.V. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляет об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare no conflicts of interest

#### Вклад авторов / Contribution of authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 22.01.2025

Поступила после рецензирования / Received after peer review 23.03.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 23.03.2025