

Садоводство и лесоводство / Horticulture and Forestry

Научная статья

Original article

DOI: [10.12731/2658-6649-2026-18-1-1403](https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-1-1403)EDN: [KOQTTG](https://edn.ru/koqttg)

УДК 630*232.11



Рост культур сосны скрученной (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) в лесорастительных условиях северо-востока Московской области

А.В. Лебедев, Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва,
Российская Федерация*

Аннотация

Обоснование. Сосна скрученная – быстрорастущий и выносливый вид хвойных деревьев родом из западной части Северной Америки. Для комплексного выявления адаптационной способности этого вида к условиям зоны хвойно-широколиственных лесов, для оценки скорости роста, устойчивости, ресурсного и экологического потенциала культур требуется проведение исследований в широком возрастном диапазоне.

Цель. Выявление особенностей роста культур сосны скрученной в лесорастительных условиях северо-востока Московской области.

Материалы и методы. Лесокультурная площадь расположена в Огудневском участковом лесничестве Московского учебно-опытного лесничества. Культуры заложены в первой половине 1991 года трехлетними саженцами. В первой половине 2025 года проведено обследование участка культур на площади 0,2 га.

Результаты. Сосна скрученная к биологическому возрасту 37 лет имеет среднюю высоту 15,5 м и запас древесины 95 м³/га. По скорости роста она уступает сосне обыкновенной. Отпад в культурах происходит по низовому типу, а наибольшее количество здоровых и ослабленных деревьев сосредоточено в центральных ступенях толщины. Средневзвешенная категория санитарного состояния сосны скрученной характеризует ее как сильно ослабленную. Несмотря на плодоношение деревьев, естественное возобновление сосны скрученной отсутствует.

Заключение. Сосну скрученную можно рекомендовать для выращивания на лесных плантациях Московской области с целью получения балансовой древесины. Для регулирования породного состава насаждений, улучшения санитарного

состояния и создания благоприятных условий для роста целевой древесной породы важно проводить своевременные лесохозяйственные уходы.

Ключевые слова: сосна скрученная; интродукция растений; лесные культуры; рост и производительность; Московская область

Для цитирования. Лебедев, А. В., Хамитов, Р. С., & Хамитова, С. М. (2026). Рост культур сосны скрученной (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) в лесорастительных условиях северо-востока Московской области. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(1), 283–301. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-1-1403>

Growth of lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) plantations in forest conditions of the north-east of Moscow region

A.V. Lebedev, R.S. Khamitov, S.M. Khamitova

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation*

Abstract

Background. Lodgepole pine is a fast-growing and hardy coniferous tree species native to western North America. To comprehensively assess its adaptability to the conditions of the coniferous-broadleaf forest zone, as well as to evaluate its growth rate, stability, resource potential, and ecological impact, a study covering a wide age range is required.

Purpose was to analyze the growth characteristics of lodgepole pine plantations under forest-growing conditions in the northeast of the Moscow region.

Materials and methods. The study area is located in the Ogudnevsky district of the Moscow Educational and Experimental Forestry. The trees were planted in the first half of 1991 using three-year-old seedlings. In the first half of 2025, a survey was conducted on a 0.2-hectare plot within the plantation.

Results. At a biological age of 37 years, lodgepole pine had an average height of 15.5 m and a timber stock of 95 m³/ha. In terms of growth rate, it was found to be slower than that of Scots pine (*Pinus sylvestris*). Mortality in the plantation followed a bottom-up pattern, with the highest number of healthy and weakened trees concentrated in the intermediate diameter classes. The weighted average sanitary condition category of lodgepole pine classified it as severely weakened. Despite active fruiting, no natural regeneration of lodgepole pine was observed.

Conclusion. Based on these findings, lodgepole pine can be recommended for cultivation in forest plantations in the Moscow region for pulpwood production. However,

to regulate species composition, improve sanitary conditions, and promote the growth of target tree species, timely silvicultural interventions are essential.

Keywords: lodgepole pine; plant introduction; forest plantations; growth and yield; Moscow region

For citation. Lebedev, A. V., Khamitov, R. S., & Khamitova, S. M. (2026). Growth of lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) plantations in forest conditions of the north-east of Moscow region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(1), 283–301. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-1-1403>

Введение

Сосна скрученная (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) – это быстрорастущий и выносливый вид хвойных деревьев родом из западной части Северной Америки, который может произрастать в неблагоприятных для многих других древесных пород условиях [26]. Вид широко интродуцирован в Южной Америке, Европе, Турции, Новой Зеландии, но в ряде регионов к настоящему времени признан инвазивным, приводящим к значительному сокращению биологического разнообразия местных экосистем [25; 27]. Сосна скрученная выращивается с целью получения хозяйственно ценной древесины, высаживается для борьбы с эрозией почв и на нарушенных землях для проведения лесной рекультивации, также она подходит для создания декоративных посадок на объектах озеленения [3; 10; 21; 22; 24; 26]. В последние годы активно рассматривается возможность использования сосны скрученной для создания лесных углероддепонирующих плантаций [26].

В европейской части России испытания сосны скрученной начались в конце 1970-ых годов, а значительные результаты по изучению роста и производительности культур, их ресурсного, биологического, экологического и рекреационного потенциала накоплены для таежной зоны на опытных объектах, расположенных в южной Карелии [14; 15], республике Коми [1; 13; 16], Архангельской области [5; 17; 19; 23], Ленинградской области [2; 28], Новгородской области [1], Вологодской области [3; 10]. В условиях регионов севера и северо-запада европейской части России сосна скрученная рассматривается как перспективный вид для создания лесосырьевых плантаций [14; 15].

Инициатором исследований по интродукции сосны скрученной в зону хвойно-широколиственных лесов (Московская область) является И.С. Мелехов [12]. Например, опытные объекты в Подмоскovie были заложены в 1991 году под руководством И.С. Мелехова и Ю.И. Дроз-

дова (Огудневское лесничество) и в 1999 году под руководством М.Д. Мерзленко (Озерецкое лесничество). Результаты исследований роста культур в условиях интродукционного стресса в Московской области ограничиваются биологическим возрастом до 17 лет [8, 9]. Для комплексного выявления адаптационной способности сосны скрученной к условиям зоны хвойно-широколиственных лесов, оценки скорости роста и производительности культур требуются исследования в более старших возрастах.

Цель исследования – выявление особенностей роста культур сосны скрученной (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) в лесорастительных условиях северо-востока Московской области.

Материалы и методы

Объект исследования – культуры сосны скрученной (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon), расположенные в Огудневском участковом лесничестве Московского учебно-опытного лесничества (рисунок 1). Культуры заложены на свежей дренированной вырубке площадью 1,5 га в первой половине 1991 года трехлетними саженцами, выращенными в Латвийском НИИ лесного хозяйства из посевов семян из 6 географических пунктов Канады. В качестве контроля высаживались саженцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) местного происхождения. Исходный тип леса – ельник кисличный, почва – дерновосреднеподзолистая суглинистая. Предварительно на вырубке выполнялась обработка почвы двухотвальным плугом ПКЛ-70 путем нарезки борозд через 3,0-3,5 м, на дно которых через 0,8-1,0 м осуществлялась посадка саженцев [8; 9].

В первой половине 2025 года проведено обследование участка культур на площади 0,2 га в северной части выдела 9, квартала 72. Для сосны скрученной и сосны обыкновенной выполнена перичислительная таксация (с использованием приложения Arboreal Forest и высотомера Vertex IV) [11], а для второстепенных древесных пород – измерительная таксация (с применением цепного полнотомера Биттерлиха и высотомера Vertex IV). Для деревьев сосны скрученной и сосны обыкновенной определены категории санитарного состояния по пятибалльной шкале, где 1 – здоровые, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – погибшие деревья [7]. Данные таксационных измерений обработаны в соответствии с общепринятыми методами. Фрагмент обследованного древостоя с участием сосны скрученной и ее морфологические особенности показаны на рисунке 2.



Рис. 1. Расположение объекта исследования (ограничен красным полигоном).

Координаты: N 56,079395, E 38,286442, WGS 84

Fig. 1. Location of the study site (outlined in red).

Coordinates: N 56.079395, E 38.286442, WGS 84

Для изучения динамики роста деревьев сосны скрученной пропорционально представленным ступеням толщины было отобрано 20 кернов на высоте 1,3 м приростным буравом Haglof для хвойных пород. Годичные приросты определялись в камеральных условиях с использованием измерителя кернов Haglof. Полученные в ходе выполнения полевых и камеральных работ данные, а также результаты предыдущих исследований [8, 9] легли в основу моделей роста деревьев сосны скрученной в высоту и толщину, базирующихся на динамическом уравнении С.Ж. Cieszewski [18]:

$$Y_2 = \exp \left(X_0 - \left(\frac{b_1}{X_0} \right) A_2^c \right), \quad X_0 = \frac{1}{2} \left(\ln(Y_1) + (\ln^2(Y_1) + 4b_1 A_1^c)^{\frac{1}{2}} \right),$$

где Y_1 и Y_2 – начальное и конечное значения таксационного показателя (высота или диаметр дерева), A_1 и A_2 – начальное и конечное значения возраста, X_0 – вспомогательная переменная, b_1 и c – оцениваемые по выборке параметры.



Рис. 2. Морфологические особенности сосны скрученной в культурах Московской области: а) общий вид деревьев, б) хвоя, с) шишка, д) ствол и кора
Fig. 2. Morphological characteristics of the twisted pine in plantations in the Moscow Region:
а) general view of the trees, б) needles, с) cones, д) trunk and bark

При обработке полученных данных применялись методы описательной статистики, методы регрессионного анализа (нелинейный метод наименьших квадратов). Для всех уравнений регрессии рассчитывались метрики качества: квадратный корень из среднеквадратической ошибки ($RMSE$), средний процент абсолютной ошибки ($MAPE$), коэффициент детерминации (R^2).

Результаты исследования и их обсуждение

Древесная растительность на обследованном участке представлена культурами сосны скрученной (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), а также естественным происхождением ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) H.Karst.), березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), осины (*Populus tremula* L.) и ивы козьей (*Salix caprea* L.). Основные таксационные показатели показаны в таблице 1. Сосна скрученная при биологическом возрасте 37 лет имеет среднюю высоту 15,5 м, средний диаметр 17,3 см, сумму площадей поперечных сечений 12,0 м²/га и запас растущей древесины 95 м³/га. Сосна обыкновенная по значениям средней высоты (18,5 м) и среднего диаметра (20,7 см) несколько превосходит сосну скрученную. Так как количество высаженных саженцев сосны обыкновенной было намного меньше, чем сосны скрученной, то она имеет сумму площадей сечений всего 2,1 м²/га и запас 20 м³/га. Из-за отсутствия своевременных лесохозяйственных уходов в древостое также преобладает береза, достигающая средней высоты 20 м, суммы площадей сечений 9,3 м²/га и запаса 100 м³/га.

Таблица 1.

Таксационная характеристика лесного участка с культурами сосны скрученной
Table 1. Valuation Characteristics of a Forest Plot with Twisted Pine Stands

Вид	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га
Сосна скрученная (<i>Pinus contorta</i> Douglas ex Loudon)	37	15,5	17,3	12,0	95
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	37	18,5	20,7	2,1	20
Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.)	-	10	8	1,5	5
Береза пушистая (<i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	-	20	18	9,3	100
Осина (<i>Populus tremula</i> L.)	-	20	16	0,5	5
Ива козья (<i>Salix caprea</i> L.)	-	10	8	0,1	1
Итого	-	-	-	25,5	226

Несмотря на плодоношение деревьев сосны скрученной, естественное возобновление отсутствует. Подрост представлен единичными экземплярами ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) H.Karst.). Подлесок – редкий, сформирован такими видами, как жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.), бузина обыкновенная (*Sambucus racemosa* L.), черемуха

обыкновенная (*Prunus padus* L.). В травяно-кустарничковом ярусе преобладают такие виды, как ожика волосистая (*Luzula pilosa* (L.) Willd.), яснотка желтая (*Lamium galeobdolon* L.), осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), звездчатка дубравная (*Stellaria nemorum* L.), звездчатка ланцетолистная (*S. holostea* L), живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.), щитовник картузианский (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P.Fuchs), щитовник мужской (*D. filix-mas* (L.) Schott), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth).

Наибольшее количество здоровых и ослабленных деревьев сосредоточено в центральных ступенях толщины (рисунок 3). Для сосны скрученной ряд распределения растущих деревьев (с 1 по 4 категории состояния) по форме приближается к нормальному распределению, а для сосны обыкновенной – имеет бимодальную структуру (по 20 шт. на 1 га содержат ступени толщины 12 и 24 см). Отпад деревьев в культурах сосны происходит по низовому типу. В ряде распределения стволов по ступеням толщины и категориям санитарного состояния основное количество сильно ослабленных, усыхающих и погибших деревьев находится в ступенях от 8 до 16 см. Средневзвешенная категория санитарного состояния для сосны скрученной составила 2,6 (сильно ослабленная), а для сосны обыкновенной – 2,1 (ослабленная).

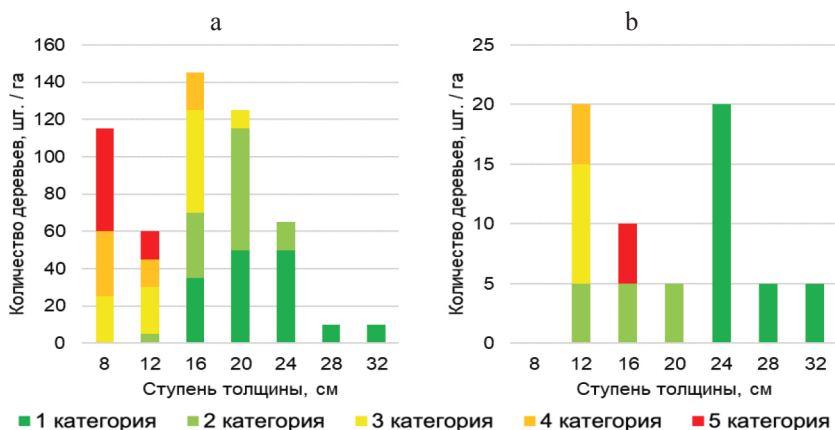


Рис. 3. Распределение по ступеням толщины и категориям санитарного состояния деревьев сосны скрученной (а) и сосны обыкновенной (б)

Fig. 3. Distribution by thickness class and health category of twisted pine (a) and Scots pine (b) trees

Оценить различия в размерах деревьев сосны скрученной и сосны обыкновенной можно путем сопоставления кривых высот. Результаты оценки параметров и точности уравнения зависимости высоты от диаметра деревьев на высоте 1,3 м представлены в таблице 2. Полученные уравнения обладают высокой обобщающей способностью и объясняют около 90% дисперсии высот. Построенные по уравнениям кривые высот для сосны скрученной и сосны обыкновенной показаны на рисунке 4. При одинаковых значениях диаметра дерева интродуцированный вид уступает по высоте аборигенному. Например, при диаметре 12 см разница в высотах между сосной обыкновенной и скрученной составляет 0,47 м, при диаметре 20 см – 0,87 м, а при диаметре 28 см – 1,19 м.

Таблица 2.

Оценка параметров и точности уравнения зависимости высоты от диаметра на высоте 1,3 м деревьев (h – высота, м; dbh – диаметр на высоте 1,3 м, см)

Table 2. Estimation of the parameters and accuracy of the equation relating tree height to diameter at a height of 1.3 m (h – height, m; dbh – diameter at a height of 1.3 m, cm)

Вид	Параметры уравнения $h = 1,3 + \left(\frac{dbh}{b_0 + b_1 dbh} \right)^2$		Метрики качества		
	b_0	b_1	$RMSE$	$MAPE$	R^2
Сосна скрученная	1,781	0,161	1,714	10,3	0,87
Сосна обыкновенная	1,775	0,155	1,347	7,8	0,91

Результаты оценки параметров и точности уравнений роста деревьев сосны скрученной в высоту и в толщину представлены в таблице 3. Динамическая модель роста в высоту объясняет около 60% дисперсии ($R^2 = 0,605$), а модель роста в толщину – около 90% дисперсии ($R^2 = 0,937$). Средняя ошибка прогнозирования ($MAPE$) высот составляет $\pm 16,3\%$, диаметров – $\pm 11,6\%$. Ростовые кривые для высот и диаметров отдельных деревьев сосны скрученной показаны на рисунке 5. Кривые дифференцированы по значению прогнозируемого таксационного показателя в базовом возрасте 35 лет (переменная A_j в уравнениях). Динамические уравнения могут использоваться для оценки успешности роста растений сосны скрученной на начальных этапах и для прогнозирования их потенциала в будущем.

В лесорастительных условиях северо-восточной части Подмосковья на дерновосреднеподзолистых суглинистых почвах без лесохозяйственных уходов сосна скрученная уступает в росте сосне обыкновенной. С момента проведения последнего обследования культур в 2007 году [9] эта тенден-

ция сохранилась. Похожие результаты были получены при сравнении роста различных происхождений сосны скрученной и сосны обыкновенной в Карташевском лесничестве Ленинградской области [2].

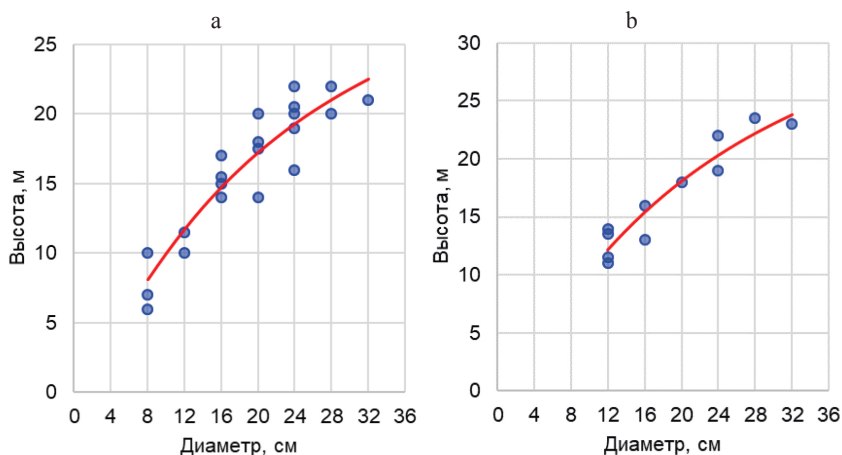


Рис. 4. Зависимость высот от диаметров стволов сосны скрученной (а) и сосны обыкновенной (б)

Fig. 4. Relationship between height and trunk diameter for twisted pine (a) and Scots pine (b)

Таблица 3.

Оценка параметров и точности уравнений роста деревьев сосны скрученной

Table 3. Estimation of Parameters and Accuracy of Growth Equations for Twisted Pine Trees

Зависимая переменная	Параметры уравнения С.Я. Cieszewski		Метрики качества		
	b_1	c	$RMSE$	$MAPE$	R^2
Высота, м	63,229	-0,551	4,133	16,3	0,605
Диаметр, см	144,021	-1,178	2,591	11,6	0,937

Противоположные данные были получены в Сторожевском лесничестве республики Коми [6], в Видлицком лесничестве республики Карелии [15], в Исакогорском лесничестве Архангельской области [17]. В северных регионах европейской части России сосна скрученная по показателям роста значительно превосходит сосну обыкновенную.

Таким образом, в условиях, являющихся типичными для выращивания еловых древостоев в зоне хвойно-широколиственных лесов, сосна скрученная в целом демонстрирует хорошие устойчивость и продуктивность, незначительно уступая аборигенному виду – сосне обыкновенной. Нега-

тивно на росте и выживаемости сосны скрученной сказывается угнетение со стороны березы.

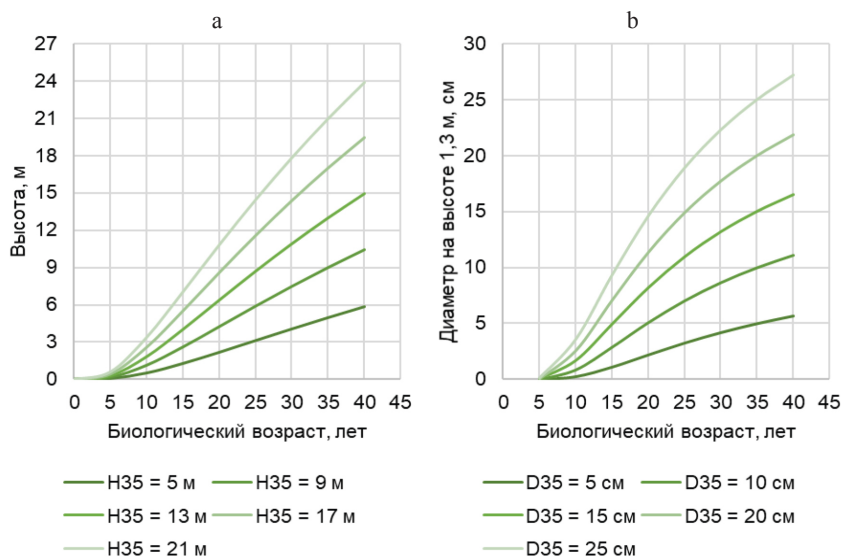


Рис. 5. Рост деревьев сосны скрученной: а) в высоту (H_{35} – высота в базовом возрасте 35 лет) и б) в толщину (D_{35} – диаметр ствола без коры в базовом возрасте 35)

Fig. 5. Growth of contorted pine trees: a) in height (H_{35} – height at a reference age of 35 years) and b) in diameter (D_{35} – bark-free trunk diameter at a reference age of 35 years)

Проведенное исследование показывает, что сосну скрученную можно рекомендовать для выращивания на лесных плантациях Московской области для получения балансовой древесины, но при этом важно проводить своевременные лесохозяйственные уходы для регулирования породного состава древостоев, улучшения санитарного состояния и создания благоприятных условий для роста.

Заключение

Проведенное исследование показало, что сосна скрученная к биологическому возрасту 37 лет имеет среднюю высоту 15,5 м и запас древесины 95 м³/га. По скорости роста она уступает сосне обыкновенной. Отпад в культурах происходит по низовому типу, а наибольшее количество здоровых и ослабленных деревьев сосредоточено в центральных ступенях толщины.

Средневзвешенная категория санитарного состояния сосны скрученной характеризует ее как сильно ослабленную. Несмотря на плодоношение деревьев, естественное возобновление сосны скрученной отсутствует. Сосну скрученную можно рекомендовать для выращивания на лесных плантациях Московской области с целью получения балансовой древесины. Для регулирования породного состава насаждений, улучшения санитарного состояния и создания благоприятных условий для роста целевой древесной породы важно проводить своевременные лесохозяйственные уходы.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Алексеев, В. М. (2009). Анализ перспективности различных хвойных видов интродуцентов в лесокультурном производстве. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 186, 24–30. EDN: <https://elibrary.ru/LJNHJP>
2. Алексеев, В. М., Жигунов, А. В., Бондаренко, А. С., & Бурцев, Д. С. (2014). Интродукция сосны скрученной в условиях Ленинградской области. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, 3(339), 24–33. EDN: <https://elibrary.ru/SEEHR>
3. Бабич, Н. А., & Андропова, М. М. (2014). Сосна скрученная — перспективный интродуцент для озеленения малых северных городов. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, 6(342), 155–160. EDN: <https://elibrary.ru/TALVRV>
4. Гутый, А. Л. (2016). Состояние и рост экспериментальных культур сосны скрученной в Республике Коми. *Лесоведение*, 4, 265–269. EDN: <https://elibrary.ru/WKDYUF>
5. Демидова, Н. А., Дуркина, Т. М., & Гоголева, Л. Г. (2017). Семеношение сосны скрученной широкохвойной (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm. ex Wats) в Архангельской области. *Лесохозяйственная информация*, 2, 65–77. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2017.2.07>. EDN: <https://elibrary.ru/QHVAPF>
6. Демидова, Н. А., Дуркина, Т. М., Гоголева, Л. Г., Быков, Ю. С., & Парамонов, А. А. (2017). Рост сосны скрученной (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats.) в Сторожевском лесничестве Республики Коми. *Лесохозяйственная информация*, 1, 24–33. EDN: <https://elibrary.ru/YIFEUX>
7. Денисова, Н. Б., Лебедев, А. В., Волков, С. Н., Белов, Д. А., & Козлов, К. А. (2025). Санитарное и лесопатологическое состояние сосны пицундской (*Pinus*

- brutia var. pityusa (Steven) Silba) в Джанхотском бору. *Природообустройство*, 2, 137–144. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-137-144>. EDN: <https://elibrary.ru/KAZZWU>
8. Дроздов, И. И., & Дроздов, Ю. И. (2005). Культуры сосны скрученной в решении сырьевой проблемы балансовой древесины. *Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник*, 5, 83–84. EDN: <https://elibrary.ru/JSJHTH>
 9. Дроздов, Ю. И. (2008). Сосна скрученная (*Pinus contorta*) на опытных объектах МГУЛ. *Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник*, 1, 188–191. EDN: <https://elibrary.ru/ISCIRB>
 10. Корчагов, С. А., & Хамитов, Р. С. (2020). Опыт выращивания сосны скрученной (*Pinus contorta*) в Вологодской области. *Лесной вестник. Forestry Bulletin*, 24(3), 60–65. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-3-60-65>. EDN: <https://elibrary.ru/EWIVGT>
 11. Лебедев, А. В. (2023). Инвентаризация древесных насаждений урбанизированных территорий с использованием смартфона. *Лесотехнический журнал*, 3(51), 56–70. <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/5>. EDN: <https://elibrary.ru/HBYIOC>
 12. Мелехов, И. С. (1984). Интродукция хвойных в лесном хозяйстве. *Лесоведение*, 6, 72–78. EDN: <https://elibrary.ru/ZYMGIZ>
 13. Пристова, Т. А., Федорков, А. Л., & Новаковский, А. Б. (2023). Надземная фитомасса древостоя в экспериментальных культурах сосны скрученной в Сыктывкарском лесничестве Республики Коми. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, 6(396), 31–43. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-6-31-43>. EDN: <https://elibrary.ru/XWIDOD>
 14. Раевский, Б. В., & Мордась, А. А. (2000). Рост и продуктивность испытательных культур сосны скрученной в южной Карелии. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, 5–6, 74–81. EDN: <https://elibrary.ru/SJYEER>
 15. Раевский, Б. В. (2010). Ход роста смешанных культур сосны скрученной и сосны обыкновенной в южной Карелии. *Известия Коми научного центра УрО РАН*, 1(1), 31–38. EDN: <https://elibrary.ru/NCOGFT>
 16. Федорков, А. Л., & Гутый, Л. Н. (2017). Состояние экспериментальных культур сосны скрученной в Республике Коми. *Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*, 2(200), 25–31. EDN: <https://elibrary.ru/ZTUTSD>
 17. Феклистов, П. А., & Бирюков, С. Ю. (2006). Сезонный рост сосны скрученной в северной подзоне тайги. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, 6, 24–30. EDN: <https://elibrary.ru/HYONHP>

18. Cieszewski, C. J. (2004). GADA derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes from Richards, Weibull and other exponential functions. B: *International Conference on Forest Measurements and Qualitative Methods and Management* (pp. 248–261). Athens, USA: University of Georgia. https://www.researchgate.net/publication/255564510_GADA_derivation_of_dynamic_site_equations_with_polymorphism_and_variable_asymptotes_from_Richards_Weibull_and_other_exponential_functions
19. Demidova, N. A., Durkina, T. M., Gogoleva, L. G., & Paramonov, A. A. (2020). Lodgepole pine of Yukon origin in the European North of Russia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 574, 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/574/1/012022>. EDN: <https://elibrary.ru/SYQQSZ>
20. Heiðarsson, L., Pukkala, T., & Snorrason, A. (2023). Individual-tree growth models for lodgepole pine (*Pinus contorta*) in Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences*, 36, 81–93. <https://doi.org/10.16886/IAS.2023.07>. EDN: <https://elibrary.ru/YQZFEH>
21. Jansons, A., Sisenis, L., Neimane, U., & Rieksts-Riekstins, J. (2013). Biomass production of young lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) stands in Latvia. *iForest*, 6, 10–14. <https://doi.org/10.3832/for0637-006>
22. Liziniewicz, M., Ekö, P. M., & Agestam, E. (2011). Effect of spacing on 23-year-old lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia*) in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(4), 361–371. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.639798>
23. Sobolev, A., Feklistov, P., Bolotov, I., & Barzut, O. (2022). The results of the introduction of twisted pine (*Pinus contorta*) in Bolshoy Solovetsky Island. *Folia Forestalia Polonica, Series A — Forestry*, 64(1), 1–6. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0001>. EDN: <https://elibrary.ru/LSJANC>
24. Sullivan, T. P., Sullivan, D. S., Lindgren, P. M. F., Ransome, D. B., & Zabek, L. (2020). Twenty-five years after stand thinning and repeated fertilization in lodgepole pine forest: Implications for tree growth, stand structure, and carbon sequestration. *Forests*, 11, 337. <https://doi.org/10.3390/f11030337>. EDN: <https://elibrary.ru/EU-ZBMZ>
25. Taylor, K. T., Maxwell, B. D., Pauchard, A., Nuñez, M. A., & Rew, L. J. (2016). Native versus non-native invasions: Similarities and differences in the biodiversity impacts of *Pinus contorta* in introduced and native ranges. *Diversity and Distributions*, 22, 578–588. <https://doi.org/10.1111/ddi.12419>. EDN: <https://elibrary.ru/XPBSTN>
26. Vacek, S., Vacek, Z., Cukor, L., Podrázský, V., & Gallo, J. (2022). *Pinus contorta* Douglas ex Loudon and climate change: A literature review of opportunities, challenges, and risks in European forests. *Journal of Forest Science*, 68(9), 329–343. <https://doi.org/10.17221/101/2022-JFS>. EDN: <https://elibrary.ru/SPQCRK>

27. Wasowicz, P., Óskarsdóttir, G., & Þórhallsdóttir, Þ. E. (2025). Lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) invasion in subarctic Iceland: Evidence from a long-term study. *NeoBiota*, 97, 47–66. <https://doi.org/10.3897/neobiota.97.134047>. EDN: <https://elibrary.ru/RJKXJT>
28. Zhigunov, A., & Butenko, O. (2019). Estimating the growth of 20- to 26-year-old lodgepole pine plantations in the Leningrad region of Russia. *Folia Forestalia Polonica, Series A — Forestry*, 61(1), 58–63. <https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0006>. EDN: <https://elibrary.ru/PMZNTA>

References

1. Alekseev, V. M. (2009). Analysis of the prospects of various coniferous species of introduced plants in forestry production. *Izvestia Sankt-Peterburgskoi Lesotekhnicheskoi Akademii*, 186, 24–30. EDN: <https://elibrary.ru/LJNHJP>
2. Alekseev, V. M., Zhigunov, A. V., Bondarenko, A. S., & Burtsev, D. S. (2014). Introduction of lodgepole pine in the Leningrad Region. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)*, 3(339), 24–33. EDN: <https://elibrary.ru/SEEHR>
3. Babich, N. A., & Andronova, M. M. (2014). Lodgepole pine — a promising introduced species for landscaping small northern cities. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)*, 6(342), 155–160. EDN: <https://elibrary.ru/TALVRV>
4. Gutiy, A. L. (2016). State and growth of experimental lodgepole pine plantations in the Komi Republic. *Lesovedenie (Forest Science)*, 4, 265–269. EDN: <https://elibrary.ru/WKDYUF>
5. Demidova, N. A., Durkina, T. M., & Gogoleva, L. G. (2017). Seed production of lodgepole pine, broad-needled variety (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm. ex Wats) in the Arkhangelsk Region. *Lesokhozyaystvennaya Informatsiya (Forestry Information)*, 2, 65–77. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2017.2.07>. EDN: <https://elibrary.ru/QHVAPF>
6. Demidova, N. A., Durkina, T. M., Gogoleva, L. G., Bykov, Y. S., & Paramonov, A. A. (2017). Growth of lodgepole pine (*Pinus contorta* Loud. var. *latifolia* S. Wats.) in the Storozhevskoe forest district of the Komi Republic. *Lesokhozyaystvennaya Informatsiya (Forestry Information)*, 1, 24–33. EDN: <https://elibrary.ru/YIFEUX>
7. Denisova, N. B., Lebedev, A. V., Volkov, S. N., Belov, D. A., & Kozlov, K. A. (2025). Sanitary and forest pathology state of *Pinus brutia* var. *pityusa* (Steven) Silba in the Dzhanikhot pine forest. *Prirodooobustroystvo (Environmental Engineering)*, 2, 137–144. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-137-144>. EDN: <https://elibrary.ru/KAZZWU>
8. Drozdov, I. I., & Drozdov, Y. I. (2005). Lodgepole pine plantations as a solution to the raw material problem of pulpwood. *Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo*

- Universiteta Lesa — Lesnoy Vestnik (Bulletin of Moscow State Forest University — Forestry Bulletin)*, 5, 83–84. EDN: <https://elibrary.ru/JSJHJH>
9. Drozdov, Y. I. (2008). Lodgepole pine (*Pinus contorta*) at the experimental sites of MSFU. *Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Lesa — Lesnoy Vestnik (Bulletin of Moscow State Forest University — Forestry Bulletin)*, 1, 188–191. EDN: <https://elibrary.ru/ISCIRB>
 10. Korchagov, S. A., & Khamitov, R. S. (2020). Experience in growing lodgepole pine (*Pinus contorta*) in the Vologda Region. *Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin*, 24(3), 60–65. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-3-60-65>. EDN: <https://elibrary.ru/EWIVGT>
 11. Lebedev, A. V. (2023). Inventory of tree plantations in urbanized areas using a smartphone. *Lesotekhnicheskii Zhurnal (Journal of Forestry Engineering)*, 3(51), 56–70. <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/5>. EDN: <https://elibrary.ru/HBYIOC>
 12. Melekhov, I. S. (1984). Introduction of conifers in forestry. *Lesovedenie (Forest Science)*, 6, 72–78. EDN: <https://elibrary.ru/ZYMGIZ>
 13. Pristova, T. A., Fedorkov, A. L., & Novakovsky, A. B. (2023). Aboveground phytomass of the stand in experimental lodgepole pine plantations in the Syktyvkar forest district of the Komi Republic. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)*, 6(396), 31–43. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-6-31-43>. EDN: <https://elibrary.ru/XWIDOD>
 14. Raevsky, B. V., & Mordas, A. A. (2000). Growth and productivity of test plantations of lodgepole pine in southern Karelia. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)*, 5–6, 74–81. EDN: <https://elibrary.ru/SJYEPP>
 15. Raevsky, B. V. (2010). Growth dynamics of mixed plantations of lodgepole pine and Scots pine in southern Karelia. *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 1(1), 31–38. EDN: <https://elibrary.ru/NCOGFT>
 16. Fedorkov, A. L., & Gutiy, L. N. (2017). State of experimental lodgepole pine plantations in the Komi Republic. *Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2(200), 25–31. EDN: <https://elibrary.ru/ZTUTSD>
 17. Feklistov, P. A., & Biryukov, S. Y. (2006). Seasonal growth of lodgepole pine in the northern taiga subzone. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)*, 6, 24–30. EDN: <https://elibrary.ru/HYOHHP>
 18. Cieszewski, C. J. (2004). GADA derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes from Richards, Weibull and other exponential functions. In *International Conference on Forest Measurements and Qualitative Methods and Management* (pp. 248–261). Athens, USA: University of Georgia. https://www.researchgate.net/publication/255564510_GADA_derivation_

- of_dynamic_site_equations_with_polymorphism_and_variable_asymptotes_from_Richards_Weibull_and_other_exponential_functions
19. Demidova, N. A., Durkina, T. M., Gogoleva, L. G., & Paramonov, A. A. (2020). Lodgepole pine of Yukon origin in the European North of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 574, 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/574/1/012022>. EDN: <https://elibrary.ru/SYQQSZ>
 20. Heiðarsson, L., Pukkala, T., & Snorrason, A. (2023). Individual-tree growth models for lodgepole pine (*Pinus contorta*) in Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences*, 36, 81–93. <https://doi.org/10.16886/IAS.2023.07>. EDN: <https://elibrary.ru/YQZFEH>
 21. Jansons, A., Sisenis, L., Neimane, U., & Rieksts-Riekstins, J. (2013). Biomass production of young lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) stands in Latvia. *iForest*, 6, 10–14. <https://doi.org/10.3832/ifer0637-006>
 22. Liziniewicz, M., Ekö, P. M., & Agestam, E. (2011). Effect of spacing on 23-year-old lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia*) in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(4), 361–371. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.639798>
 23. Sobolev, A., Feklistov, P., Bolotov, I., & Barzut, O. (2022). The results of the introduction of twisted pine (*Pinus contorta*) on Bolshoy Solovetsky Island. *Folia Forestalia Polonica, Series A — Forestry*, 64(1), 1–6. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0001>. EDN: <https://elibrary.ru/LSJANC>
 24. Sullivan, T. P., Sullivan, D. S., Lindgren, P. M. F., Ransome, D. B., & Zabek, L. (2020). Twenty-five years after stand thinning and repeated fertilization in lodgepole pine forest: Implications for tree growth, stand structure, and carbon sequestration. *Forests*, 11, 337. <https://doi.org/10.3390/f11030337>. EDN: <https://elibrary.ru/EUZBMZ>
 25. Taylor, K. T., Maxwell, B. D., Pauchard, A., Nuñez, M. A., & Rew, L. J. (2016). Native versus non-native invasions: Similarities and differences in the biodiversity impacts of *Pinus contorta* in introduced and native ranges. *Diversity and Distributions*, 22, 578–588. <https://doi.org/10.1111/ddi.12419>. EDN: <https://elibrary.ru/XPBSTN>
 26. Vacek, S., Vacek, Z., Cukor, L., Podrázský, V., & Gallo, J. (2022). *Pinus contorta* Douglas ex Loudon and climate change: A literature review of opportunities, challenges, and risks in European forests. *Journal of Forest Science*, 68(9), 329–343. <https://doi.org/10.17221/101/2022-JFS>. EDN: <https://elibrary.ru/SPQCRK>
 27. Wasowicz, P., Óskarsdóttir, G., & Þórhallsdóttir, Þ. E. (2025). Lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) invasion in subarctic Iceland: Evidence from a long-term study. *NeoBiota*, 97, 47–66. <https://doi.org/10.3897/neobiota.97.134047>. EDN: <https://elibrary.ru/RJKXJT>

28. Zhigunov, A., & Butenko, O. (2019). Estimating the growth of 20- to 26-year-old lodgepole pine plantations in the Leningrad region of Russia. *Folia Forestalia Polonica, Series A — Forestry*, 61(1), 58–63. <https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0006>. EDN: <https://elibrary.ru/PMZNTA>

ВКЛАД АВТОРОВ

Лебедев А.В.: общее руководство проведением исследования, сбор данных, анализ данных, подготовка текста статьи.

Хамитов Р.С.: интерпретация результатов, подготовка теста статьи.

Хамитова С.М.: интерпретация результатов, подготовка теста статьи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Aleksandr V. Lebedev: general management of the research, data collection, data analysis, preparation of the text of the article.

Renat S. Khamitov: interpretation of results, preparation of the text of the article.

Svetlana M. Khamitova: interpretation of results, preparation of the text of the article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Лебедев Александр Вячеславович, доцент кафедры землеустройства и лесоводства, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»
ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Российская Федерация
alebedev@rgau-msha.ru

Хамитов Ренат Салимович, профессор кафедры землеустройства и лесоводства, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»
ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Российская Федерация
r.khamitov@rgau-msha.ru

Хамитова Светлана Михайловна, доцент кафедры ландшафтной архитектуры, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Российская Федерация
hamitova@rgau-msha.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Aleksandr V. Lebedev, Associate Professor at the Department of Land Organization and Forestry, Doctor of Agriculture Science, Associate Professor
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation
alebedev@rgau-msha.ru
SPIN-code: 5789-5540
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8939-942X>
ResearcherID: AAX-9891-2020
Scopus Author ID: 57214907823

Renat S. Khamitov, Professor at the Department of Land Organization and Forestry, Doctor of Agriculture Science, Associate Professor
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation
r.khamitov@rgau-msha.ru
SPIN-code: 1660-6032
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1490-3553>
ResearcherID: Z-1461-2018
Scopus Author ID: 57221952101

Svetlana M. Khamitova, Associate Professor at the Department of Landscape Architecture, Candidate of Agriculture Science, Associate Professor
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation
hamitova@rgau-msha.ru
SPIN-code: 6491-4435
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3432-3804>
ResearcherID: ABA-1592-2020
Scopus Author ID: 57473779800

Поступила 10.07.2025
После рецензирования 01.09.2025
Принята 07.10.2025

Received 10.07.2025
Revised 01.09.2025
Accepted 07.10.2025