

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-137-143>

УДК 630.232:634.237



ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА *LARICS SIBIRICA* В ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ НА ЮЖНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ

П.Н. Проездов^{1✉}, Д.В. Есков¹, А.В. Розанов¹, С.В. Свиридов²

¹«Вавиловский университет»; 410012, г. Саратов, пр-кт Петра Столыпина, 4, стр. 3, Россия

²ФНЦ агроэкологии РАН; 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97, Россия

Аннотация. Установление закономерностей роста 57-летних лиственницы сибирской и ясеня ланцетного в противоэрозионных лесных полосах явилось целью исследований. Насаждения изучались методами лесной таксации согласно ОСТ 56-69-83 и учебному пособию, изданному в Санкт-Петербургском лесотехническом университете. Применялись также частные методики К.К. Высоцкого, С.С. Пятницкого. Экспериментами установлен опережающий рост лиственницы (главная порода) и ясеня (сопутствующая порода) в стокорегулирующей лесной полосе, усиленной водозадерживающим валом, по сравнению с приовражной за счет поверхностного стока, накапливаемого в пруду вала. Показатель напряженности роста лиственницы увеличивается с возрастом на $2,95 \text{ см/см}^2$, а продуктивность камбия снижается в стокорегулирующей лесной полосе на $0,9 \text{ дм}^3/\text{м}^2$, в приовражной соответственно на $3,40 \text{ см/см}^2$ и $0,73 \text{ дм}^3/\text{м}^2$, что связано с меньшим содержанием влаги в почве. В приовражной лесной полосе почвенные запасы за многолетний период наблюдений в среднем составили 49,0-61,1% наименьшей влагоемкости, в стокорегулирующей с валом – 56,7-72,3%, что дополнительно накопило 34,2-49,7 мм влаги в слое 1,5 м почвогрунта. Бонитет лиственницы при усилении лесной полосы валом на 1 класс превышает бонитет приовражной полосы. Следует отметить, что лиственница сибирская – более высокопродуктивная порода по сравнению с дубом черешчатым на 1-2 класса бонитета в идентичных условиях с почвами на опоке согласно ранее (2021 г.) опубликованным нашим данным. Коэффициенты детерминации связи роста в высоту лиственницы сибирской, произрастающей в стокорегулирующей и приовражной лесных полосах, от показателей возраста, напряженности роста, продуктивности камбия составляют 0,92-0,98, что указывает на тесную взаимосвязь. Лиственница сибирская, как главная порода, рекомендуется в защитных лесных насаждениях, особенно на коренных породах.

Ключевые слова: чернозем южный на опоке, лесные полосы, лиственница сибирская, ясень ланцетный, лесоводственно-таксационные показатели, регрессия

Формат цитирования: Проездов П.Н., Есков Д.В., Розанов А.В., Свиридов С.В. Закономерности роста *Larics sibirica* в противоэрозионных лесных полосах на южном черноземе // Природообустройство. 2024. № 1. С. 137-143. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-137-143>

Original article

REGULARITIES OF THE GROWTH OF *LARICS SIBIRICA* IN ANTI-EROSION FOREST STRIPS ON THE SOUTHERN CHERNOZEM

P.N. Proezdov^{1✉}, D.V. Eskov¹, A.V. Rozanov¹, S.V. Sviridov²

¹Vavilovsky University, 1a, Theater Square, Saratov, 41001. Russia

²FRC of Agroecology of the RAS, 97, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400062. Russia

Abstract. The purpose of the study was to establish the growth patterns of 57-year-old Siberian larch and lanceolate ash in anti-erosion forest strips. Plantings were studied by methods of forest taxation according to OST 56-69-83 and the textbook S-PB of the Forestry University. Private methods of K.K. Vysotsky and S.S. Pyatnitsky were also used. Experiments have established the outstripping growth of larch (the main breed) and ash (the accompanying breed) in the flow-regulating forest strip, reinforced with a water-retaining rampart, compared with the near-drainage due to surface runoff accumulated in the rampart pond. The growth intensity index of larch increases with age by 2.95 cm/cm^2 , and the productivity of cambium decreases in the runoff-regulating forest strip by $0.9 \text{ dm}^3/\text{m}^2$.

in the by-ravine by 3.40 cm/cm² and 0.73 dm³/m², respectively, which is associated with a lower moisture content in the soil. In the by-ravine forest strip, soil moisture reserves for the long-term observation period averaged 49.0-61.1% of the lowest moisture capacity, in the runoff control zone with a rampart – 56.7-72.3%, which additionally accumulated 34.2-49.7 mm of moisture in 1.5 m of soil layer. The bonitet of larch when the forest strip is strengthened by a rampart exceeds the bonitet of the by-ravine strip by 1 class. It should be noted that Siberian larch is a more highly productive species compared to pedunculate oak by one or two classes of bonitet in identical conditions with soils on the flask (previously published by us, 2021). The coefficients of determination of the relationship between the growth in height of Siberian larch growing in the flow-regulating and by-ravine forest strips, from the indicators of age, growth intensity, productivity of cambium are 0.92-0.98, which indicates a close relationship. Siberian larch, as the main species, is recommended in protective forest stands, especially on bedrock.

Keywords: southern chernozem on the flank, forest strips, Siberian larch, lanceolate ash, forestry and taxation indicators, regression

Format of citation: Proezdov P.N., Eskov D.V., Rozanov A.V., Sviridov S.V. Regularities of the growth of *Larics sibirica* in anti-erosion forest strips on the southern chernozem // *Prirodooustrojstvo*. 2024. No 1. P. 137-143. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-137-143>

Введение. Лиственница сибирская (*Larics sibirica* Ledeb., 1833) является перспективной породой, которая вполне может применяться в степном и лесостепном защитном лесоразведении, в лесных культурах [1-5]. Высокая продуктивность лиственницы на эродированных неполноразвитых щебенчатых почвах, подстилаемых опоккой с мощностью горизонтов А + В < 0,5 м, позволяет внедрять ее как главную породу вместо дуба черешчатого, березы повислой в противоэрозионных лесных полосах [6]. Математическое моделирование таксационных показателей древостоев лиственницы сибирской показало, что оптимальные условия для роста насаждений складываются в свежих дубравах (Д₂) с запасом древесины в 85 лет 377 м³/га. Максимум среднего годового прироста запаса в возрасте составляет 30-40 лет до 6,21 м³/га. Большая часть насаждений, в том числе защитных, расположена на С₂ с приростом 4,35 м³/га [5]. Отмечается позитивное воздействие корнедоступных грунтовых вод на продуктивность березы, тополя и лиственницы к 40-летнему возрасту лесных полос, причем с лучшими показателями бонитета у лиственницы. При глубоких грунтовых водах (>5 м) лиственные породы сокращают длительность жизненного цикла, а лиственница продолжает достаточно интенсивно прирастать в высоту [1, 2].

Актуальность внедрения лиственницы сибирской в защитное лесоразведение очевидна: создание постоянных семенных плантаций породы в комбинации с лесными питомниками в степной зоне РФ позволит обеспечить организацию выращивания селекционно-улучшенного посадочного материала [1]. Особенности роста и развития лиственницы сибирской в степной и лесостепной зонах определяет гидротермический

коэффициент как соотношение осадков и температурного режима воздуха в период вегетации породы [3, 4]. Во многом рост и состояние лиственницы сибирской зависят от применяемой схемы смешения, выбора сопутствующей породы и современных агротехнических и лесоводственных мер ухода в защитных насаждениях [1, 2, 5].

Цель исследований: выявление закономерностей роста лиственницы сибирской в противоэрозионных лесных полосах степи Приволжской возвышенности.

Материалы и методы исследований. Опыт проводился на южном склоне крутизной 4,5° в степи Приволжской возвышенности в хозяйстве «Вязовский» Татищевского района Саратовской области (рис. 1). Почва – чернозем южный среднесмыгтый, среднесуглинистый, хрящевато-щебенчатый, с А + В < 0,5 м на опоке.

Задачи исследований:

- определение лесоводственно-таксационных характеристик древесных пород в противоэрозионных лесных полосах;
- определение показателей напряженности роста, продуктивности камбиальной ткани лиственницы в стокорегулирующей и приовражной лесных полосах;
- получение регрессионных уравнений роста лиственницы сибирской в лесных полосах.

Научно-производственный противоэрозионный стационар включает в себя стокорегулирующую лесную полосу (ЛП), усиленную водозадерживающими валами, и приовражную ЛП. Межполосное пространство осваивалось под кормовые севообороты (1964-1972 гг.), полевые севообороты (1973-2001 гг.) и пастбищеобороты (2002-2022 гг.). В 2005, 2008, 2013, 2019, 2022 гг. пастбищеоборот прерывался выращиванием подсолнечника на зерно (табл. 1, рис. 1).

При проведении исследований использованы принципы организации теории и практики классического лесоведения, агролесомелиорации, лесной таксации, стандартных и частных методов планирования и проведения экспериментов. Пробные площади закладывались согласно ОСТ 56-69-83 [7] с использованием модельных деревьев по методике Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова [8].

Зависимость средней высоты лиственницы от возраста получена по ростовой функции А. Митчерлиха:

$$H = a_1 \cdot [1 + \xi \cdot \exp(-a_2 \cdot \{t - a_3\})]^{-1/\xi}, \quad (1)$$

где H – высота лиственницы, м; a_1, a_2, a_3 – параметры S-образной кривой; t – возраст лиственницы, лет; ξ – степень кривизны кривой.

Здесь a_1 – предельное значение высоты лиственницы, при которой древостой прекращает прирост и отмирает; a_2 – наклон кривой роста в ее центральной части, определяемый скоростью прироста; a_3 – начало роста по шкале времени; ξ – параметр, определяющий положение точки перегиба на центральной части кривой роста.

Если точка перегиба находится в центре линейной части кривой роста, то $\xi = 1$.

Идентификация и подгонка величин параметров S-образной кривой (a_1, a_2, a_3, x), аппроксимирующей зависимость средней высоты лиственницы H от времени t , производились на основе минимизации сумм квадратов отклонений реальных и модельных значений высоты H средствами специальной надстройки «Поиск решения» табличного процессора MS Excel с использованием эволюционного алгоритма нелинейной оптимизации.

По методике К.К. Высоцкого определяли показатель напряженности роста древесной породы в насаждении по формуле [9]:

$$P = 4H/\pi D^2, \quad (2)$$

где P – показатель напряженности роста лиственницы сибирской в противоэрозионных лесных полосах, см/см²; H – высота лиственницы, см; D – диаметр лиственницы, см; $\pi = 3,14$.

Продуктивность камбия определяли, исходя из методики С.С. Пятницкого [10], по предложенной нами зависимости, когда отклонение результатов вычислений по обеим формулам не превышает 10% [6]:

$$K = 1,68h + 3,65d - 0,05, \quad (3)$$

где K – продуктивность камбия, то есть отношение прироста древесины по объему за некоторый период времени к площади поверхности камбиальной ткани, дм³/м²; h – средний прирост по высоте, м; d – средний прирост по диаметру, см.

Экспериментальные данные обрабатывались по методике Б.А. Доспехова [11] с использованием компьютерных программ Statistica, SciLab и «Пакет анализа» табличного процессора MS Excel.

Результаты и их обсуждение. На рост и развитие древесных пород в защитных лесных насаждениях, в частности, лиственницы сибирской, влияют многие природно-климатические (осадки, температура, влажность почвы и др.) и антропогенные факторы (лесные полосы, водозадерживающие валы, агротехнические и лесоводственные меры ухода).

Совокупность всех природно-антропогенных факторов представляет собой многомерную гиперповерхность, детальное исследование

Таблица 1. Лесоводственно-таксационное описание лесных полос (2021 г.)

Table 1. Forestry-taxation description of forest strips (2021)

Лесная полоса <i>Forest strip</i>	Ширина ЛП, м <i>Width of FS, m</i>	Количество рядов <i>Number of rows</i>	Ширина между-рядий, м <i>Width between rows, m</i>	Схема смещения (с верхней опушки) <i>Mixing scheme (from the top edge)</i>	Порода <i>Species</i>	Показатели / <i>Indicators</i>			
						возраст, лет <i>age, years</i>	средний диаметр, см <i>average diameter, cm</i>	средняя высота, м <i>average height, m</i>	Бонитет <i>Bonitet</i>
Стокорегулирующая ЛП с валами <i>Flow control FS with ramparts</i>	19,5	13	1,5	Лу-Яб-Лс-Ял-Лс-Ял	Лс	57	29,1	19,8	1
				Лс-Ял-Лс-Ял-Лс-Ял-Бк	Ял	57	20,2	17,9	2
Приовражная ЛП без вала <i>By-ravine FS without a rampart</i>	19,5	13	1,5	Лу-Яб-Лс-Ял-Лс-Ял	Лс	57	26,1	18,4	2
				Лс-Ял-Лс-Ял-Лс-Ял-Бк	Ял	57	18,7	16,5	3

Примечание: Лу- лох узколистный, Яб-яблоня лесная, Лс-лиственница сибирская, Ял-ясень ланцетный, Бк- бузина красная.

Note: Лу – narrow-leaved, Яб – forest apple tree, Лс – Siberian larch, Ял-Lanceolate ash, Бк – red elderberry.

которой затруднено сложностью ее структуры. Для выявления основных закономерностей роста лиственницы сибирской в противоэрозийных лесных полосах степи Приволжской возвышенности использована линейная регрессионная математическая модель, которая позволяет учитывать воздействие на рост лиственницы наиболее значимых из указанных факторов, а именно диаметра D , показателя напряженности роста P , продуктивности камбия K :

$$H = b_0 + b_1D + b_2P + b_3K, \quad (4)$$

где H – средняя высота лиственницы сибирской, м; D – средний диаметр лиственницы на высоте груди, см; P – показатель напряженности роста, см/см²; K – продуктивность камбия, дм³/м²; b_0 - b_3 – коэффициенты множественной регрессии.

С математической точки зрения геометрическим образом регрессионного уравнения (4) является четырехмерное многообразие,

отображение которого на плоскости возможно только с помощью трехмерных сечений. Эти сечения, построенные по фактическим данным таблицы 2, представлены на рисунках 2 и 3 вместе с соответствующими уравнениями регрессии. Коэффициенты детерминации составляют соответственно 0,92 и 0,98, что показывает тесную взаимосвязь указанных на рисунках 2, 3 переменных.

Показатель напряженности роста у лиственницы в стокорегулирующей лесной полосе с валом с увеличением возраста повышается на 2,95 см/см², а продуктивность камбия снижается на 0,9 дм³/м², в приовражной лесной полосе – соответственно на 3,40 см/см² и 0,73 дм³/м² (табл. 2).

Анализ возрастного изменения средней высоты лиственницы сибирской и ясеня ланцетного показал опережающий рост обеих древесных пород в стокорегулирующей лесной полосе в сравнении с приовражной лесной полосой: в возрасте

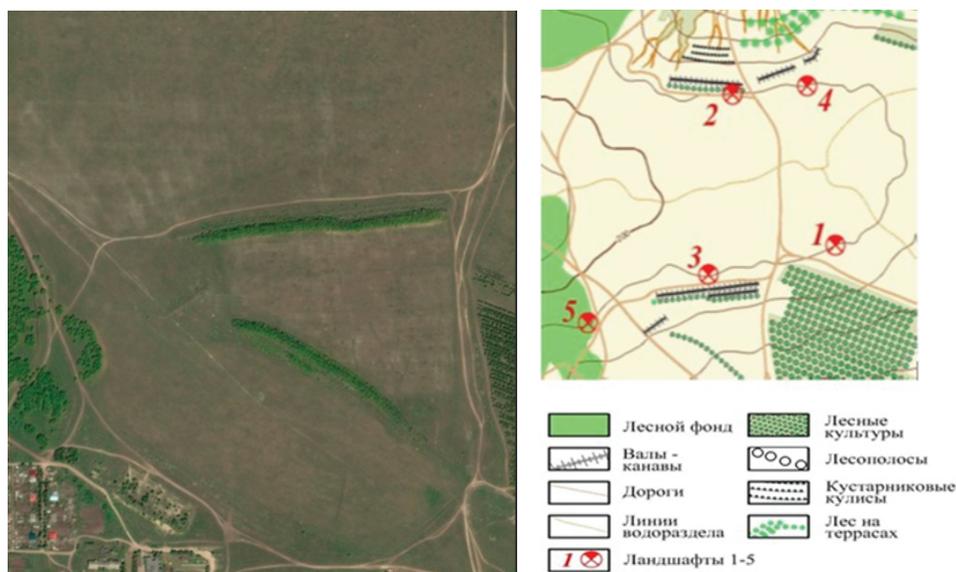


Рис. 1. Космоснимок и схема опыта в хозяйстве «Вязовский»

Fig. 1. Satellite image and diagram of the experiment at the Vyazovsky farm

Таблица 2. Таксационные показатели лиственницы в лесных полосах в разном возрасте

Table 2. Taxational indicators of larch in forest strips at different ages

Лесная полоса <i>Forest strip</i>	Возраст, лет <i>Age, years</i>	Среднее / <i>Average</i>				P	K
		D	d	H	h		
Стокорегулирующая с валом <i>Flow regulating with a rampart</i>	57	29,1	0,51	19,8	0,35	2,98	2,40
	31	18,6	0,60	9,8	0,32	0,04	2,68
	6	5,1	0,85	0,9	0,15	0,03	3,30
Приовражная без вала <i>By-ravine without a rampart</i>	57	26,1	0,46	18,4	0,32	3,44	2,17
	31	16,8	0,54	8,3	0,27	0,05	2,37
	6	4,6	0,76	0,7	0,11	0,04	2,90

Примечание: D – диаметр, см; d – прирост по D, см/год; H – высота, м; h – прирост по H, м/год; P – показатель напряженности роста, см/см²; K – продуктивность камбия, дм³/м².

Note: D – diameter, cm; d – increase in D, cm/year; H – height, m; h is the increase in H, m/yr; P is the growth intensity indicator, cm/cm²; K – cambium productivity, dm³/m².

6 лет – на 28,6 (по лиственнице) и 7,7% (по ясеню); в возрасте 31 года – соответственно на 10,1 и 7,1%; в возрасте 57 лет – на 7,6 и 8,5%. Высота лиственницы, как главной породы в обеих лесных полосах, на 92 и 94% связана с возрастом (табл. 3, рис. 4).

Бонитет лиственницы и ясеня в стокорегулирующей лесной полосе на класс выше, чем

в приовражной (табл. 1): опережающий рост обеспечен за счет усиления стокорегулирующей лесной полосы водозадерживающим валом, что дает дополнительное влагообеспечение тальми и ливневыми водами (табл. 4, рис. 1).

Пресные грунтовые воды расположены на коренедоступной глубине (уровень капиллярной зоны более 6 м). В результате

Таблица 3. Рост в высоту (м) лиственницы сибирской и ясеня ланцетного на южном черноземе

Table 3. Height growth (m) of Siberian larch and lanceolate ash on southern chernozem

Лесная полоса <i>Forest strip</i>	Древесная порода <i>Tree species</i>	Годы таксации лесных полос <i>Years of taxation of forest strips</i>					
		1965	1970	1976	1995	2007	2021
Стокорегулирующая с валом <i>Flow regulating with a rampart</i>	Лиственница / <i>Larch</i>	0	0,9	4,9	9,8	14,7	19,8
	Ясень / <i>Ash</i>	0	1,4	6,9	9,0	13,2	17,9
Приовражная без вала <i>By-ravine without a rampart</i>	Лиственница / <i>Larch</i>	0	0,7	3,7	8,9	13,8	18,4
	Ясень / <i>Ash</i>	0	1,3	6,1	8,4	11,9	16,5

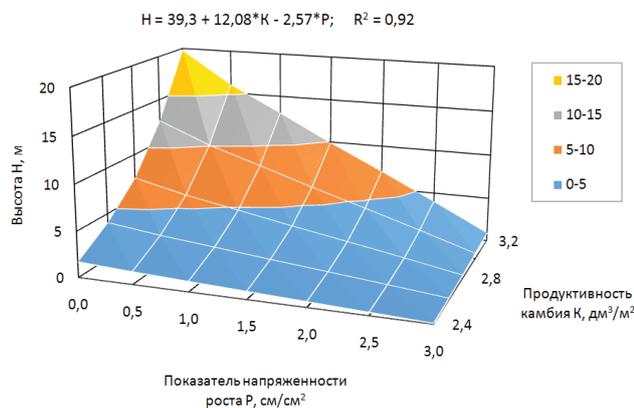


Рис. 2. Зависимость высоты лиственницы сибирской от показателя напряженности роста и продуктивности камбия в стокорегулирующей лесной полосе

Fig. 2. Dependence of the height of Siberian larch on the index of growth intensity and productivity of cambium in the flow-regulating forest strip

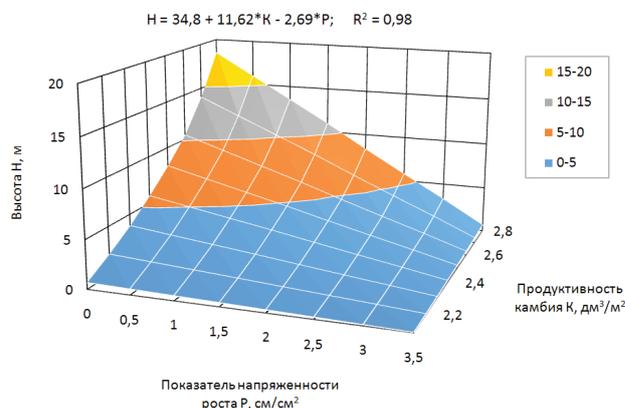


Рис. 3. Зависимость высоты лиственницы сибирской от показателя напряженности роста и продуктивности камбия в приовражной лесной полосе

Fig. 3. Dependence of the height of Siberian larch on the index of growth intensity and productivity of cambium in the by-ravine forest strip

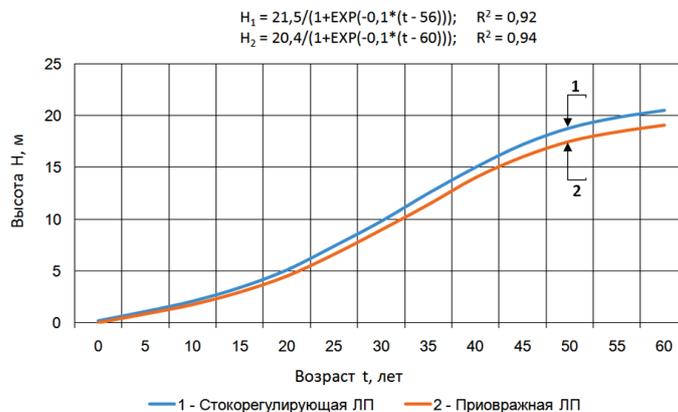


Рис. 4. Аппроксимация хода роста в высоту лиственницы сибирской в стокорегулирующей (1) и приовражной лесных полосах (2)

Fig. 4. Approximation of the growth rate in height of Siberian larch in flow-regulating (1) and by-ravine forest strips (2)

многолетнего анализа влагозапасов в почвогрунтах показано, что удержание поверхностного стока валом позволяет накопить в стокорегулирующей лесной полосе влаги на 34,2-49,7 мм больше, чем в приовражной (табл. 4, рис. 1). Средние запасы влаги приведены на основании бурения скважин, причем росту и развитию лиственницы предшествовали различные сочетания погодных условий: многоснежные и малоснежные зимы, влажные и сухие вегетационные периоды.

Отмечается большее значение бонитета у лиственницы сибирской (57 лет) по сравнению с дубом черешчатым (55 лет) в идентичных условиях произрастания (C_1) на среднесмыглых

южных черноземах, подстилаемых опоккой, с $A + B < 0,5$ м [6]. Для обеих пород характерно положительное влияние водозадерживающего вала на продуктивность.

Результаты исследований защитных насаждений с участием лиственницы внедрены в хозяйствах Татищевского, Красноармейского районов Саратовской области, расположенных в степи Приволжской возвышенности на эродированных склонах с главной породой – лиственницей сибирской – на площади 23 га, защищающих 522 га сельскохозяйственных угодий. Лесистость угодий составила 4,4%, позволив повысить продуктивность угодий до 45%.

Таблица 4. Динамика влагозапасов в почвогрунтах под лесными полосами (в среднем за годы исследований)

Table 4. Dynamics of moisture reserves in soils under forest strips (average over the years of study)

Наименование лесной полосы с главной породой лиственницей сибирской <i>Name of the forest strip with the main species Siberian larch</i>	Запасы влаги в слое 1,5 м, % наименьшей влагоемкости <i>Moisture reserves in a layer of 1.5 m, % of the lowest moisture capacity</i>		
	на 15 мая <i>on May 15</i>	на 15 июля <i>on July 15</i>	на 15 августа <i>on August 15</i>
Стокорегулирующая с водозадерживающим валом <i>Flow regulating with a water retention rampart</i>	72,3	61,2	56,7
Приовражная без вала / <i>By-ravine without a rampart</i>	61,1	52,1	49,0

Примечание: Влагозапасы в слое 1,5 м: наименьшая влагоемкость (НВ), $W_{НВ} = 444$ мм; влажность завядания (ВЗ), $W_{ВЗ} = 213$ мм; $BZ = 0,48$ НВ.

Note: Moisture reserves in the 1.5 m layer: lowest moisture capacity (НВ), $W_{НВ} = 444$ mm; wilting humidity $W_{ВЗ} = 213$ mm; $VZ = 0.48$ НВ.

Выводы

Анализ динамики роста лиственницы сибирской указывает на тесную связь между высотой главной древесной породы в лесных полосах с возрастом, показателем напряженности роста и продуктивностью камбия при коэффициентах

детерминации 0,92-0,98. Многолетние исследования закономерностей роста лиственницы сибирской и ее сопутствующей породы – ясеня ланцетного – позволяют рекомендовать их для применения на эрозионно опасных склонах в защитных лесных насаждениях.

Список использованных источников

- Петелько А.И., Зеленьяк А.К. К вопросу внедрения лиственницы в защитное лесоразведение // Наука. Мысль: Электронный периодический журнал. 2017. Т. 7, № 8. С. 12-21.
- Симоненко А.П., Ключников М.В., Парамонов Е.Г. Лиственница в защитных лесных насаждениях степной зоны // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 7 (45). С. 23-28.
- Галдина Т.Е., Жиленкова Е.С. Культуры лиственницы сибирской в лесостепи и степи // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Воронеж, 2020. № 3 (50). С. 23-28.
- Галдина Т.Е. Особенности произрастания лиственницы в географических культурах центральной лесостепи // Успехи современного естествознания. 2018. № 11-2. С. 235-240. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36932> (дата обращения: 08.09.2022).
- Пуряев А.С., Зарипов И.Н. Закономерности развития древостоев в культурах лиственницы сибирской Республики Татарстан // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Лес.

References

- Petelko A.I., Zelenyayak A.K. On the issue of introducing larch into protective afforestation // Nauka. Mysl: electronic periodical journal. 2017. V. 7. No. 8. P. 12-21.
- Simonenko A.P., Klyuchnikov M.V., Paramonov E.G. Larch in protective forest plantations of the steppe zone // Bulletin of the Altai State Agrarian University. No. 7 (45), 2008. P. 23-28.
- Galdina T.E., Zhilenkova E.S. Siberian larch cultures in the forest-steppe and steppe // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. – 2020. Voronezh. No. 3 (50). P. 23-28.
- Galdina T.E. Peculiarities of larch growth in geographic cultures of the central forest-steppe // Successes of modern natural sciences. 2018. No. 11-2. P. 235-240; URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36932> (date of access: 09/08/2022).
- Puryaev A.S., Zaripov I.N. Patterns of development of forest stands in larch cultures of the Siberian Republic of Tatarstan // Bulletin of the Volga State Technological University. Ser.: Forest. Ecology. Nature management. 2019. No. 1 (41). P. 21-31. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.21

Экология. Природопользование». 2019. № 1 (41). С. 21-31. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.21.

6. Proezdov P.N., Eskov D.V., Mashtakov D.A., Avtonomov A.N., Rozanov A.V. Regularities of the Growth of Pedunculate Oak (*Quercus Robur* L., 1753) in the Protective Plantings of the Steppe and Forest-steppe of the Volga Upland. [Electronic resource], <https://www.researchsquare.com/researchers/preprints>, posted 10 Aug, 2021. DOI: doi.org/10.21203/rs.3.rs-773724/v1.

7. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустойчивые. Методы закладки. М.: Издательство стандартов, 1984. 60 с.

8. Минаев В.Н., Леонтьев Л.Л., Ковязин В.Ф. Таксация леса: учебное пособие. СПб.: Лань, 2022. 204 с.

9. Высоцкий К.К. Закономерности строения смешанных древостоев. М.: Гослесбумиздат, 1962. 181 с.

10. Пятницкий С.С. Вегетативный лес. М.: Сельхозиздат, 1963. 136 с.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по запросу, 2012. 352 с.

Об авторах

Петр Николаевич Проездов, д-р с.-х. наук, почетный работник ВПО РФ, профессор кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство»; SPIN-код: 8889-6020, AuthorID: 415106; ORCID: 0000-0003-2718-3428, toxa_19@mail.ru

Дмитрий Владимирович Есков, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство»; SPIN-код: 3970-3967, AuthorID: 320006; ORCID: 0000-0002-5240-9364, eskovdv@rambler.ru

Александр Владимирович Розанов, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Цифровое управление процессами в АПК»; SPIN-код: 5330-6012, AuthorID: 676173; ORCID: 000-0002-2144-4255, arosanov@yandex.ru

Сергей Владимирович Свиридов, младший научный сотрудник; SPIN-код: 6192-4997, AuthorID: 1171077; ORCID: 0000-0002-8885-9906, svsvms@mail.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Проездов П.Н., Есков Д.В., Розанов А.В., Свиридов С.В. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interests.

Вклад авторов / Authors' contributions

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации. / All authors have contributed equally to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 19.05.2023

Поступила после рецензирования / Received after peer review 10.12.2023

Принята к публикации / Accepted for publication 15.12.2023

6. Proezdov P.N., Eskov D.V., Mashtakov D.A., Avtonomov A.N., Rozanov A.V. Regularities of the Growth of Pedunculate Oak (*Quercus Robur* L., 1753) in the Protective Plantings of the Steppe and Forest-steppe of the Volga Upland. [Electronic resource], <https://www.researchsquare.com/researchers/preprints>, posted 10 Aug, 2021. DOI: doi.org/10.21203/rs.3.rs-773724/v1

7. ОСТ 56-69-83. The plots are trial forest management. Bookmark methods. М.: Publishing house of standards. 1984. 60 p.

8. Minaev V.N., Leontiev L.L., Kovyazin V.F. Forest inventory: a tutorial. St. Petersburg: Lan, 2022. 204 p.

9. Vysotsky K.K. Patterns of the structure of mixed forest stands. М., 1962. 181 p.

10. Pyatnitsky S.S. Vegetative forest. М., 1963. 136 p.

11. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results) // Moscow: Book on request, 2012. 352 p.

Author information

Pyotr N. Proezdov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the department "Forestry and landscape building", "Honorable worker of VPO RF"; SPIN code: 8889-6020, AuthorID: 415106; toxa_19@mail.ru

Dmitry V. Eskov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Forestry and landscape building"; SPIN code: 3970-3967, AuthorID: 320006; eskovdv@rambler.ru

Alexander V. Rozanov, Candidate of Physical-Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department "Digital processes management in AIC"; SPIN code: 5330-6012, AuthorID: 676173; ORCID: 000-0002-2144-4255; arosanov@yandex.ru

Sergey V. Sviridov, Junior Researcher\$ SPIN code: 6192-4997, AuthorID: 1171077; svsvms@mail.ru

Proezdov P.N., Eskov D.V., Rozanov A.V., Sviridov S.V. performed theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, have the copyright to the article and are responsible for plagiarism