

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1. С. 66–73  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 1. P. 66–73

Научная статья

УДК 630.181\*232.43

DOI 10.51318/FRET.2023.31.69.007

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННОЦИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Марина Юрьевна Чумакова<sup>1</sup>, Татьяна Сергеевна Воробьева<sup>2</sup>, Надежда Ивановна Ярусова<sup>3</sup>,  
Светлана Сергеевна Постникова<sup>4</sup>, Иван Борисович Воробьев<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>5</sup> Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Сергеевна Воробьева,

vorobyevats@m.usfeu.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы ростовых процессов географических культур лиственницы европейской в динамике за 68-летний период. Культуры были созданы под руководством профессора В. П. Тимофеева в 1954 г. на территории Бронницкого лесничества Виноградовского лесхоза Московской области в Лесной опытной даче Тимирязевской сельскохозяйственной академии. Посадками культур занимался лесничий П. И. Дементьев. Географические культуры высаживались сеянцами двухлетнего возраста. Сеянцы были выращены в питомнике из семян, прибывших из 41 пункта СССР. Кроме лиственницы европейской, были посажены также лиственницы Сукачева, сибирская, европейская, даурская, Чекановского и японская. Культуры высаживались в чистом виде и в рядовом смешении с сосной, елью, липой и кленом.

Лиственница европейская была выбрана в данном исследовании как наиболее перспективный вид для выращивания в условиях Московской области. Цель исследования – выявление закономерностей в возрастной динамике таксационных показателей географических культур лиственницы европейской. Были взяты данные разных авторов в период 1968–2019 гг., дополненные результатами собственных исследований. На их основе проведен статистический анализ по морфометрическим показателям роста и продуктивности экотипов лиственницы европейской в оптимальных для древесной породы лесорастительных условиях Московского региона. Подобрано уравнение возрастной динамики с численными коэффициентами и представлены параметры по среднему диаметру древостоев. Статистическое моделирование возрастной динамики среднего диаметра проведено по ростовой функции Корсуня – Бакмана. Высокие значения показателя детерминации ( $R^2 = 0,999$ ) и незначительные ошибки уравнений регрессии ( $SE = 0,30...1,6\%$ ) подтверждают надежность аппроксимации эмпирических данных.

Наилучшие показатели по среднему диаметру с увеличением возраста можно отметить у культур лиственницы европейской, привезенной из Московской области Раменского (ПП 24) и Краснопахорского (ПП 37) районов и Ивано-Франковской области Галичского района (ПП 15).

**Ключевые слова:** лиственница европейская, географические культуры, происхождение, средняя характеристика роста, возрастная динамика таксационных показателей

Scientific article

## FEATURES OF THE GROWTH OF GEOGRAPHICAL CROPS OF EUROPEAN LARCH IN THE MOSCOW REGION

Marina Yu. Chumakova<sup>1</sup>, Tatyana S. Vorobyeva<sup>2</sup>, Nadezhda I. Yarusova<sup>3</sup>,  
Svetlana S. Postnikova<sup>4</sup>, Ivan B. Vorobyev<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>5</sup> Institute of Plant and Animal Ecology Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Tatyana S. Vorobyeva,

vorobyevats@m.usfeu.ru

**Abstract.** This article discusses the growth processes of geographical cultures of European larch in dynamics over a 68-year period. Cultures were created under the guidance of Professor V.P. Timofeev in 1954 on the territory of the Bronnitsky forestry of the Vinogradovsky forestry enterprise of the Moscow region in the Forest Experimental Dacha of the Timiryazev Agricultural Academy. The forester P.I. Dementiev was engaged in planting crops. Geographic cultures were planted with seedlings of two years of age. Seedlings were grown in the nursery from seeds that arrived from 41 points of the USSR. In addition to European larch, Sukachev, Siberian, European, Dahurian, Chekanovsky and Japanese larches were also planted. Cultures were planted in pure form and in ordinary mixture with pine, spruce, linden and maple.

European larch was chosen in this study as the most promising species for cultivation in the conditions of the Moscow region. The purpose of the study is to identify patterns in the age dynamics of taxation indicators of geographical crops of European larch. Statistical analysis of 60-year data on morphometric indicators of growth and productivity of European larch ecotypes in the forest conditions of the Moscow region that are optimal for a tree species is presented. The equation of age dynamics with numerical coefficients is selected and the parameters for the average diameter of forest stands are presented. Statistical modeling of the age dynamics of the average diameter was carried out using the Korsun – Bakman growth function. High values of the determination index ( $R^2 = 0,999$ ) and insignificant errors in the regression equations ( $SE = 0,30 \dots 1,6\%$ ) confirm the reliability of the empirical data approximation.

The best indicators in terms of average diameter with increasing age can be noted in crops of European larch, brought from the Moscow region of Ramensky (PP 24) and Krasnopakhorsky (PP 37) districts and Ivano-Frankivsk region of the Galich district (PP 15).

**Keywords:** european larch, geographical crops, origin, average growth characteristics, age dynamics of taxation indicators

### Введение

Лиственница является перспективной породой при искусственном лесоразведении. Она имеет достаточно высокие темпы роста, качественную древесину, высокую производительность и обладает хорошими водоохранными и почвозащитными свойствами, устойчива к различным вредителям и болезням.

Произрастает в умеренных и холодных (субарктических и субальпийских) областях Евра-

зии и Северной Америки, в низовьях Енисея, на Таймыре и далее к востоку, заходит даже в южную часть арктического климатического пояса. Наиболее южные области планетарного ареала лиственницы находятся в высокогорьях субтропиков.

В настоящий момент лиственница не произрастает в центральных районах европейской части России, но ранее присутствовала на территории Подмосковья.

Доля участия насаждений с преобладанием лиственницы незначительна, и в научном сообществе все чаще поднимается вопрос об ее увеличении, в том числе с помощью искусственного лесовозобновления.

**Цель, задача, методика и объекты исследования**

Цель работы заключается в выявлении закономерностей возрастной динамики таксационных показателей роста географических культур лиственницы.

Географические культуры лиственницы были созданы под руководством проф. В.П. Тимофеева в 1954 г. в Московской области в 74 квартале Бронницкого лесничества Виноградовского лесхоза на территории Лесной опытной дачи Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ныне Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева) лесничим П.И. Дементьевым. Опытные посадки были проведены на площади 41,7 га. Для изучения были высажены 6 видов лиственницы (лиственницы Сукачева, сибирская, европейская, даурская, Чекановского и японская)

из 41 пункта СССР (Глазунов и др., 2017; Мельник и др., 2016; Пак, Бобринев, 2016; Чернов, 2005; Залесов и др., 2007). Каждый климатип лиственницы был представлен в 5 вариантах: чистые культуры (5 и 6), в смешении через ряд с сосной (3 и 4), елью (1 и 2), липой и кленом (7–9). Посадка проводилась 2-летними сеянцами при сплошной обработке почвы по схеме 3×3 м по углам квадратов под «меч Колесова» ранней весной после посева семян точно установленного географического происхождения в питомнике в 1952 г. При этом соблюдалась густота посадки 8000 шт./га. План посадки лиственницы приведен на рис. 1 (Корешков, Царева, 2021).

Агротехнические и лесохозяйственные виды ухода за культурами не проводились, за исключением уборки сухостойных деревьев.

Ежегодно в течение первых 25 лет были проведены сплошные перечеты с нахождением средних значений высоты и диаметра на высоте 1,3 м от уровня почвы, определялся класс Крафта и категория состояния (Тимофеев, 1961). Повторные измерения были проведены в 2012–2013 гг. (Хлюстов, Корешков, 2019) и авторами в 2020–2021 гг.

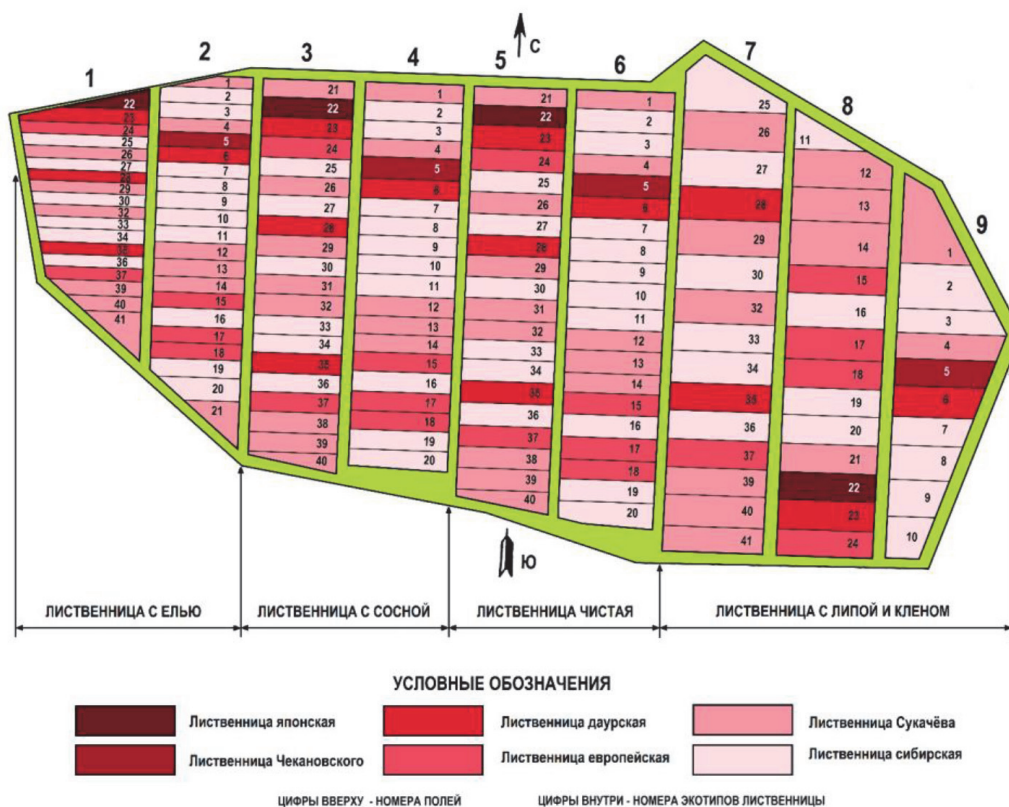


Рис. 1. План посадки географических культур лиственницы (чистые: вариант 5 и 6 и в смешении: 1–4, 7–9)  
 Fig. 1. Plan for planting geographical crops of larch (pure: option 5 and 6 and mixed: 1–4, 7–9)

На данный момент культуры достигли биологического возраста 68 лет.

В статье рассматриваются только чистые посадки лиственницы европейской как наиболее перспективного вида для выращивания в условиях Московской области. Семена для выращивания сеянцев были привезены из пяти регионов страны: Ивано-Франковской области (Галичский и Долинский районы) и Московской области (Уваровский, Раменский и Краснопахорский районы).

**Результаты исследования**

Наилучшим ростом по всем таксационным характеристикам отмечается лиственница европейская. Средний диаметр этого вида составляет 34,4 см, средняя высота – 30,4 м, запас на 1 га – 1105 м<sup>3</sup>, сохранность – 71,6% в 60-летнем возрасте (Ивано-Франковская область, Галичский район ППП 15). Значительно уступает лиственница сибирская, привезенная из Республики Хакасия,

Сонский лесхоз (Хлюстов, Корешков, 2017) (средний диаметр – 25,3 см, средняя высота – 25,5 м, запас на 1 га – 366 м<sup>3</sup>), и ее сохранность значительно меньше (53,3%). Экземпляры лиственницы Сукачева и даурской характеризуются средними показателями (средний диаметр – 28,2 см и 29,1 см, средняя высота – 27,5 м и 27,7 м, запас на 1 га – 586 м<sup>3</sup> и 680 м<sup>3</sup> соответственно), а привезенные из Горно-Алтайского АО (Шабалинский район) и из Якутской АССР (Вилюйский район) погибли полностью. Лиственницы Чекановского и японская также уступают в росте лиственнице европейской как по диаметру и высоте, так и по запасу (612 м<sup>3</sup> и 823 м<sup>3</sup> соответственно).

Таксационная характеристика лиственницы европейской в момент посадки, по пятилетиям возраста, а также в 60 и 68 лет представлена в табл. 1. Данные были взяты из работ проф. В. П. Тимофеева (с 2 до 25 лет), В. К. Хлюстова (60-летние культуры) и собственных измерений (68-летние культуры).

Таблица 1  
Table 1

Таксационная характеристика лиственницы европейской (фрагмент)  
Taxation characteristics of European larch (fragment)

№ ПП № PP	Происхождение экотипов лиственницы европейской Origin of ecotypes of European larch	Средний диаметр, см Average diameter, cm	Средняя высота, м Average height, m	Запас, м <sup>3</sup> Stock, m <sup>3</sup>	Количество деревьев, шт. Number of trees, pcs
1	2	3	4	5	6
2-летние культуры (В. П. Тимофеев, 1961) 2-year-old crops					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	0,03	0,2	0,5	99
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	0,03	0,1	1,0	198
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	0,01	0,1	0,5	198
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	0,02	0,1	0,7	194
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	0,02	0,2	2,5	194
5-летние культуры (В. П. Тимофеев, 1961) 5-year-old crops					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	2,2	2,0	15	88
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	0,5	0,8	10	154
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	0,5	0,8	12	152

Окончание табл. 1  
The end of table 1

1	2	3	4	5	6
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	0,7	1,5	12	155
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	0,9	2,0	30	155
15-летние культуры (В. П. Тимофеев, 1961) 15-year-old cultures					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	9,5	9,0	170	71
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	7,0	7,5	80	57
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	7,4	7,4	90	74
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	7,5	8,5	130	75
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	8,0	11,0	170	83
25-летние культуры (В. П. Тимофеев, 1961) 25-year-old cultures					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	18,0	17,5	500	44
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	13,1	14,5	220	37
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	13,0	15,0	230	40
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	13,5	16,0	280	41
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	14,0	18,5	350	46
60-летние культуры (В. К. Хлюстов, 2019) 60-year-old cultures					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	34,4	30,4	1105	36
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	25,0	27,0	750	26
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	27,0	25,5	600	23
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	33,6	28,0	1250	38
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	31,0	32,0	1050	39
68-летние культуры (данные авторов) 68-year-old cultures					
15	Ивано-Франковская область, Галичский р-н Ivano-Frankivsk region, Galich district	36,2	32,2	1058	31
17	Ивано-Франковская область, Долинский р-н Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district	29,6	29,7	651	22
18	Московская область, Уваровский р-н Moscow region, Uvarovsky district	29,6	26,4	601	20
24	Московская область, Раменский р-н Moscow region, Ramensky district	33,5	31,5	1457	31
37	Московская область, Краснопахорский р-н Moscow region, Krasnogorsk district	33,1	32,7	1170	35

Статистическое моделирование возрастной динамики среднего диаметра географических культур по данным постоянных пробных площадей проведено по ростовой функции Корсуня – Бакмана (1),

параметры которой приведены в табл. 2. Кривые распределения средних диаметров с возрастом представлены на рис. 2.

$$D = \exp(a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + a_3 \ln^3 A). \quad (1)$$

Таблица 2  
Table 2

Численные коэффициенты и статистические параметры уравнений регрессии средних диаметров  
Numerical coefficients and statistical parameters of the regression equations of average diameters

Регион Name of region	Численные коэффициенты и параметры уравнения Numerical coefficients and equation parameters					
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$R_2$	$SE, \%$
Ивано-Франковская область, Галичский район (ПП 15) Ivano-Frankivsk region, Galich district (PP 15)	-7,1417	6,0667	-1,1788	0,0807	0,999	1,4
Ивано-Франковская область, Долинский район (ПП 17) Ivano-Frankivsk region, Dolinsky district (PP 17)	-12,1119	9,5936	-2,0390	0,1496	0,999	0,3
Московская область, Уваровский район (ПП 18) Moscow region, Uvarovsky district (PP 18)	-7,6334	6,2815	-1,2641	0,0935	0,999	1,4
Московская область, Раменский район (ПП 24) Moscow region, Ramensky district (PP 24)	-8,3219	6,9149	-1,4594	0,1150	0,999	1,2
Московская область, Краснопахорский район (ПП 37) Moscow region, Krasnogorsky district (PP 37)	-8,2573	7,0909	-1,5569	0,1272	0,999	1,6

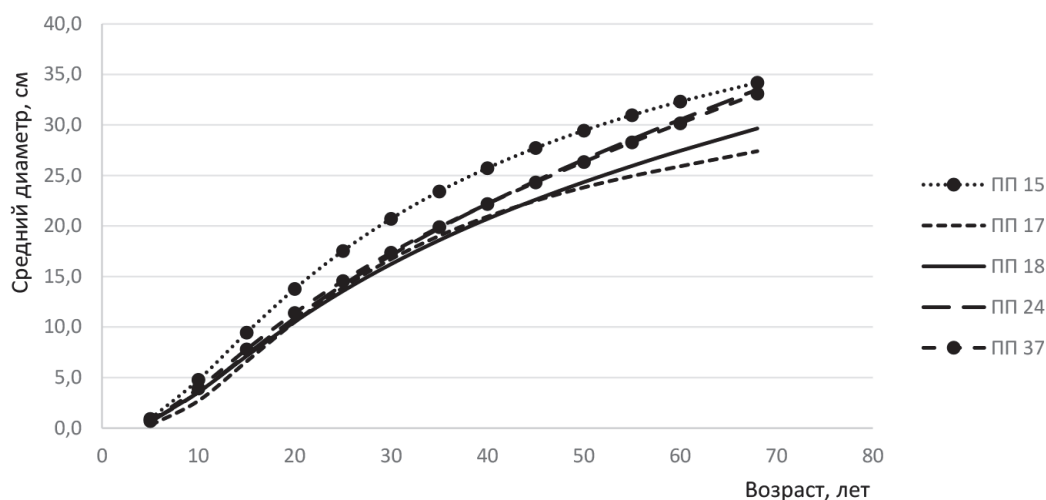


Рис. 2. Возрастная динамика средних диаметров экотипов лиственницы европейской  
Fig. 2. Age dynamics of average diameters of European larch ecotypes

**Дискуссия**

Проведенный статистический анализ данных по толщине деревьев представлен в виде регрессионной модели среднего диаметра с использованием функции Корсуня – Бакмана, которая в полной мере соответствует возрастной аппроксимации среднего диаметра.

Диаметр деревьев учитывается только после достижения высоты более 1,3 м. Обычно у лиственницы, произрастающей в сложных суборях, эта высота достигается в возрасте 5–7 лет. Регрессионная модель должна иметь константу начального роста ( $a_0$ ) значительно меньшую, чем в регрессиях средней высоты.

Высокие значения показателя детерминации ( $R^2=0,999$ ) и незначительные ошибки уравнений регрессии ( $SE=0,30\dots 1,6\%$ ) подтверждают надежность аппроксимации эмпирических данных.

Наилучшие показатели по среднему диаметру с увеличением возраста можно отметить у культур лиственницы европейской, привезенной из Московской области Раменского (ПП 24) и Краснопахорского (ПП 37) районов и Ивано-Франковской области Галицкого района (ПП 15). Также высокие показатели на данных пробных площадях можно отметить по средней высоте и запасу.

### Выводы

В работе, помимо собственных исследований в 2020–2021 гг., использованы результаты работ разных авторов за 68-летний период. Исследования в первые 25 лет проводились проф. В.П. Тимофеевым и представлены были в рукописном тексте. В 60-летнем возрасте изучением роста культур лиственницы европейской занимался В.К. Хлюстов.

В культурах лиственницы европейской интенсивный рост и лучшие показатели имеют экотипы второго поколения из Раменского городского округа Московской области на ППП 24 ( $M = 1457 \text{ м}^3/\text{га}$ ;  $A = 68$  лет) и Троицкого административного округа Москвы (ранее Красно-Пахорского района Московской области) на ППП 37 ( $M = 1170 \text{ м}^3/\text{га}$ ;

$A = 68$  лет). Высокой продуктивности достигли культуры первого поколения из Галицкого района Ивано-Франковской области Украины на ППП 15 ( $M = 1058 \text{ м}^3/\text{га}$ ;  $A = 68$  лет).

Культуры лиственницы на ППП 15 (Галицкий район Ивано-Франковской области Украины) были высажены в количестве 99 шт. в ряду и в 68-летнем возрасте имеют запас  $1058 \text{ м}^3/\text{га}$  (при количестве 31 дерево). Культуры на ППП 24 (Раменский городской округ Московской области) и ППП 37 (Красно-Пахорский район Московской области) были высажены в количестве 194 экз. в ряду и достигли высоких запасов ( $1457$  и  $1170 \text{ м}^3/\text{га}$  соответственно) при более сильном изреживании (к 68 годам осталось лишь 31 и 35 экз. соответственно).

Функция Корсуня – Бакмана, выбранная для представления регрессионной модели среднего диаметра, в полной мере соответствует возрастной аппроксимации среднего диаметра (высокие значения показателя детерминации ( $R^2 = 0,999$ ) и незначительные ошибки уравнений регрессии ( $SE = 0,30\dots 1,6\%$ )).

Семенной материал лиственницы европейской следует заготавливать в культурах второго поколения, выращенных в Московской области (ПП 24 и 37) и культурах первого поколения Галицкого района Ивано-Франковской области, Украина (ППП 15).

### Список источников

- Глазунов Ю.Б., Мерзленко М.Д., Лобова С.Л. Результат 60-летнего опыта уникальных географических посадок лиственницы // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2017. № 8 (169). С. 44–48.
- Залесов С.В., Абрамова Л.П., Луганский Н.А. Предварительные культуры сосны обыкновенной и лиственницы Сукачева на Южном Урале // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2007. № 8. С. 14–17.
- Корешков Н.В., Царева Е.А. Географические культуры лиственницы : монография. Санкт-Петербург : Научные технологии, 2021. 414 с.
- Мельник П.Г., Мерзленко М.Д., Лобова С.Л. Результат выращивания климатипов лиственницы в географических культурах северо-восточного Подмосковья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 62–67.
- Пак Л.Н., Бобринев В.П. Географические культуры лиственницы 1980 года посадки в Забайкальском крае // Лесотехнический журнал. 2016. № 1. С. 44–52.
- Тимофеев В.П. Роль лиственницы в поднятии продуктивности лесов. Москва : Лесная промышленность, 1961. 160 с.
- Хлюстов В.К., Корешков Н.В. Рост и продуктивность географических культур лиственницы европейской (*Larix decidua* Mill) в Московской области // Природообустройство. 2019. № 1. С. 97–107.

- Хлюстов В. К., Корешков Н. В. Систематизация роста и продуктивности географических культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) // Природообустройство. 2017. № 3. С. 111–119.
- Чернов Н. Н. Особенности создания культур лиственницы на Урале // Леса Урала и хозяйство в них : сб. науч. тр. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. Вып. 26. С. 111–115.

### References

- Chernov N. N. Features of the creation of larch culture in the Urals // Forests of the Urals and agriculture in them : Collection of scientific tr. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2005. Vol. 26. P. 111–115.
- Glazunov Y. B., Merzlenko M. D., Lobova S. L. The result of 60 years of experience in unique geographical planting of larch // Scientific notes of Petrozavodsk State University. 2017. № 8 (169). P. 44–48.
- Khlyustov V. K., Koreshkov N. V. Growth and productivity of geographical cultures of European larch (*larix decidua* Mill) in the Moscow region // Nature Management. 2019. № 1. P. 97–107.
- Khlyustov V. K., Koreshkov N. V. Systematics of growth and productivity of geographical cultures of Siberian larch (*Larix sibirica*) // Nature management. 2017. № 3. P. 111–119.
- Koreshkov N. V., Tsareva E. A. Geographical cultures of larch : Monograph. St. Petersburg : High-tech technologies, 2021. 414 p.
- Melnikova P. G., Merzlenko M. D., Lobova S. L. Results of growing climatic varieties of larch in geographical cultures of the north-eastern Moscow region // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2016. № 2 (136). P. 62–67.
- Pak L. N., Bobrinev V. P. Geographical cultures of larch in 1980 planting in the Trans-Baikal Territory // Forestry Journal. 2016. № 1. P. 44–52.
- Timofeev V. P. The role of larch in increasing forest productivity. Moscow : Forest industry, 1961, 160 c.
- Zalesov S. V., Abramova L. P., Lugansky N. A. Preliminary cultures of scots pine and Sukachev larch in the Southern Urals // Bulletin of the Moscow State University of Forestry. 2007. № 8. P. 14–17.

### Информация об авторах

- М. Ю. Чумакова – магистр, marpoley@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3560-3499>
- Т. С. Воробьева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, vorobyevats@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9776-9689>
- Н. И. Ярусова – магистр, tupitsyna.1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0387-3141>
- С. С. Постникова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, postnikovass@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0622-1819>
- И. Б. Воробьев – старший инженер, vorobev\_ib@ipae.uran.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2563-585X>

### Information about the authors

- M. Y. Chumakova – Master's degree, marpoley@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3560-3499>
- T. S. Vorobyova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, vorobyevats@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9776-9689>
- N. I. Yarusova – Master's degree, tupitsyna.1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0387-3141>
- S. S. Postnikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, postnikovass@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0622-1819>
- I. B. Vorobyov – Senior engineer, vorobev\_ib@ipae.uran.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2563-585X>

Статья поступила в редакцию 26.09.2022; принята к публикации 01.02.2023.

The article was submitted 26.09.2022; accepted for publication 01.02.2023.