

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*) И ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA LEDEB.*) В СМЕШАННЫХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ

доктор сельскохозяйственных наук **Е.М. Рунова**<sup>1</sup>

кандидат технических наук **И.Н. Чельшева**<sup>1</sup>

кандидат технических наук **Н.П. Плотников**<sup>1</sup>

кандидат технических наук **И.А. Гарус**<sup>1</sup>

кандидат биологических наук **И.В. Гаврилин**<sup>2</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»,

г. Екатеринбург, Российская Федерация

Исследованы особенности физико-механических свойств деревьев (*Pinus sylvestris L.*) и (*Larix sibirica Ledeb.*) в экспериментальных смешанных лесных культурах, созданных посевом в Иркутской области. Для определения свойств древесины взяты спилы в комлевой части модельных деревьев. Исследования проводились согласно общепринятым методикам на сертифицированном оборудовании. По результатам исследований установлено, что средняя ширина годичных слоев сосны и лиственницы составляет соответственно 3.54 мм и 2.93 мм. Среднее количество годичных слоев в одном сантиметре от 3.42 до 3.61 мм, что в 3.24 и в 3.73 раза меньше, чем средние статистические данные по этим древесным породам, что позволяет сделать вывод: первые 20 лет жизни лесных культур ширина годичного слоя существенно больше, чем во взрослом состоянии. Прочностные показатели исследуемых образцов сосны и лиственницы ниже стандартных на 12-30 %. При проведении механических испытаний были выявлены пороки древесины в комлевой части лиственницы, которые приводили к разрушению образцов; этими пороками оказались глазки и закомелистость, которые формируются в достаточно раннем возрасте. Для дополнительной качественной оценки древесины определена условная плотность сосны и лиственницы с использованием прибора Resistograph 4450. В результате проведенных исследований можно сделать выводы о достаточно высоких прочностных характеристиках сосны и лиственницы смешанных лесных культур.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, лиственницы сибирская, лесные культуры, структура годичного слоя, плотность древесины, прочность

## FEATURES OF WOOD FORMATION IN MIXED SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) AND SIBERIAN LARCH (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) PLANTATIONS

DSc (Agriculture) **E.M. Runova**<sup>1</sup>  
PhD (Engineering) **I.N. Chelysheva**<sup>1</sup>  
PhD (Engineering) **N.P. Plotnikov**<sup>1</sup>  
PhD (Engineering) **I.A. Garus**<sup>1</sup>  
PhD (Biology) **I.V. Gavrilin**<sup>2</sup>

1 – FSBEI HE "Bratsk State University", Bratsk, Russian Federation

2 – FSBEI HE "Ural State University of Railway Transport", Ekaterinburg, Russian Federation

### Abstract

The features of physical and mechanical properties of trees (*Pinus sylvestris* L. and *Larix sibirica* Ledeb.) are investigated in experimental mixed forest plantations created by sowing in the Irkutsk region. Saw cuts were taken in the butt part of model trees to determine the properties of wood. The studies were carried out according to generally accepted methods on certified equipment. According to the research it has been found that the average width of the annual layers of pine and larch is 3.54 mm and 2.93 mm, respectively. The average number of annual layers in one centimeter is from 3.42 to 3.61 mm, which is 3.24 and 3.73 times less than the average statistical data for these tree species. It allows us to conclude: the width of the annual layer is significantly greater in the first 20 years of forest plant life than in mature state. Strength indicators of the studied samples of pine and larch are lower by 12-30 % than standard ones. During mechanical tests, wood defects were found in the butt part of the larch, which led to the destruction of the specimens. These defects were dormant bud marks and bulging butt, which form at a fairly early age. Conditional density of pine and larch was determined using the Resistograph 4450 instrument for an additional qualitative assessment of wood. As a result of the studies, it can be concluded that strength characteristics of pine and larch in mixed plantations are quite high.

**Keywords:** Scots pine, Siberian larch, forest plantations, annual layer structure, wood density, strength

### Введение

Для исследования свойств и качества физико-механических факторов, существуют некоторые особенности древесины главных лесобразующих пород в молодом возрасте. Смешанные насаждения искусственного и естественного происхождения в основном преобладают в таежных лесах Иркутской области, их закономерности роста и строения в формировании смешанных древостоев Сибирской тайги недостаточно изучены [1, 2].

Преобладание насаждений светлохвойных пород является наиболее распространенным в данном регионе [3, 5, 15]. Качество древесины стволов в лесных культурах сосны и лиственницы, как отмечают некоторые авторы, зависит от довольно большого количества факторов. К факторам, влияющим на физико-механические свойства древесины хвойных пород в лесных культурах, относятся: условия местопроизрастания,

качество подготовки почвы, способ создания лесных культур, густота древостоя, возраст, географическое местоположение лесных культур [3-7].

Планирование лесовосстановительных мероприятий должно ориентироваться на выращивание высокопродуктивных смешанных древостоев, поэтому важно исследовать основные закономерности их формирования, роста и строения [4-16].

**Цель** работы заключается в исследовании особенностей строения годичных слоев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.); качества древесины модельных деревьев в смешанных высокопродуктивных лиственнично-сосновых лесных культурах в условиях Иркутской области. Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи: исследовать опытные объекты смешанных лиственнично-сосновых лесных культур и оценить их продуктивность и основные

таксационные показатели; оценить качество древесины по следующим показателям: средняя ширина годичного слоя, процент ранней и поздней древесины, среднее количество годичных слоев в 1 сантиметре, плотность древесины, прочность при сжатии вдоль волокон, а также определение относительных прочностных показателей древесины инструментальным неразрушающим методом с помощью прибора Resistograph 4450.

**Актуальность** исследований заключается в оценке состояния опытных смешанных лесных культур сосны и лиственницы, созданных методом посева в условиях Иркутской области.

**Научная новизна** исследований состоит в том, что на основании проведенных исследований и обобщения информации о закономерностях формирования, роста и строения смешанных лесных культур изучена динамика формирования основных таксационных показателей и качества стволовой древесины смешанных сосняков искусственного развития.

В качестве **объекта исследования** выбран экспериментальный участок смешанных лесных культур в Куйтунском лесничестве Иркутской области. Лесные культуры созданы на месте гари. Площадь лесных культур составляет 214 гектаров, лесные культуры были созданы посевом в 1996 году. На момент исследования возраст лесных культур составлял 21 год. Участок имеет тип лесорастительных условий В<sub>2</sub> – свежие супесчаные почвы, тип леса разнотравно-брусничный. Семена I класса качества получены из республики Тыва. Посев проводился весной, при посеве семена равномерно перемешивались в пропорции 70 % лиственницы, 30 % сосны. Посев проводился вручную рядами [3, 15].

### Материалы и методы исследования

С целью определения показателей макроструктуры древесины сосны и лиственницы были спилены модельные деревья в количестве 20 деревьев лиственницы и 20 деревьев сосны. Спилы брались у основания деревьев для определения точного возраста лесных культур и изучения максимального количества годичных слоев. Ширина годичных слоев, количество годичных слоев в 1 см древесины, размер ранней и

поздней древесины определялись с помощью электронного штангенциркуля Matrix с точностью до 0.01 мм. Полученные результаты обрабатывались с помощью компьютерной программы Excel.

Изучение физических и механических свойств древесины модельных деревьев сосны и лиственницы проводилось по общепринятым методикам согласно ГОСТам, отбор и подготовка образцов проводились согласно ГОСТ 16483.21-72 «Древесина. Методы отбора образцов для определения физико-механических свойств после технологической обработки» [17]. Для исследования взяты образцы в комлевой части древесины смешанных лесных культур – сосны (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы (*Larix sibirica* Ldb.). Определены их плотность, количество годичных слоев в одном сантиметре, процент поздней древесины, пределы прочности при сжатии вдоль волокон. Для оценки качества древесины модельных деревьев применялся прибор Resistograph 4450 фирмы RINNTECH, Германия.

Спилы исследуемых деревьев просверливались тонкой буровой иглой. Прибор позволяет измерить относительную плотность древесины, фиксируя плотную (здоровую) древесину и внутренние повреждения: гниль в начальной стадии развития, сильно развитую гниль, полости, – не причиняя при этом вреда растущим деревьям или образцам. По данным полученных графиков-резистограмм определялись доли здоровой древесины или поврежденной древесины гнилью в процентах.

При обработке результатов испытаний вычислялись следующие характеристики: выборочное среднее арифметическое, выборочное среднее квадратичное отклонение, средняя ошибка  $S_{\sigma}$ , выборочного среднего, выборочный коэффициент вариации  $V$  в процентах, относительная точность определения выборочного среднего.

### Результаты исследований

Средние таксационные показатели лесных культур приведены в табл. 1. Средний класс бонитета исследуемого древостоя составляет 1.5, запас на 1 гектаре составляет 73.6 м<sup>3</sup>.

Как видно из табл. 1, средний диаметр сосны и лиственницы отличаются друг от друга

## Природопользование

несущественно, не более чем на 14,8%, по высоте лиственница на 2,4 метра превосходит сосну, что составляет 26,9 %, что свидетельствует о большей энергии роста лиственницы по высоте. Результаты

измерений структуры годовых слоев сосны и лиственницы по ступеням толщины представлены в табл. 2.

Таблица 1

Средние таксационные показатели смешанных лесных культур лиственницы и сосны\*

Состав	Тип леса и тип лесорастительных условий	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Средний класс бонитета	Полнота относительная	Средний запас на 1 га, м <sup>3</sup>
7ЛЗС	Л. Бр./В <sub>2</sub>	10.1	8.7	1.5	0.77	73.6
Лиственница	Л. Бр./В <sub>2</sub>	11.3	9.3	1.0	0.56	51.7
Сосна	Л. Бр./В <sub>2</sub>	8.9	8.1	3.0	0.21	21.9

\*Результаты получены авторами.

Таблица 2

Основные показатели макроструктуры годовых слоев стволов сосны и лиственницы по ступеням толщины\*

Ступени толщины	Порода	% ранней древесины	% поздней древесины	Сред. ширина годового слоя, мм	Число годовых слоев в 1см	D среза в коре, см	D среза без коры, см
6	Сосна	67.40±3.46	32.04±1.54	2.87±0.16	3.48	5.9±0.34	4.6±0.24
	Лиственница	-	-	-	-	-	-
8	Сосна	69.06±4.01	30.98±1.49	3.29±0.21	3.03	8.9±0.59	7.1±0.47
	Лиственница	68,36±3.93	31.64±0.98	2.40±0.18	4.17	8.9±1.06	7,2±0.56
10	Сосна	67.84±4.86	32.16±1.50	1.28±0.09	7.80	10.4±2.01	8.6±0.51
	Лиственница	73.03±4.19	26.98±0.89	3.19±0.17	3.13	9.5±0.99	7.6±0.43
12	Сосна	71.15±5.13	28.85±0.91	3.84±0.45	2.60	11.9±2.34	9,4±0.33
	Лиственница	71.88±4.98	28.12±2.00	3.37±1.20	2.96	12.7±2.54	9.4±0.59
14	Сосна	65.05±3.98	34.95±1.43	3.33±1.07	3.00	15.3±0.87	12.7±0.97
	Лиственница	67.68±4.02	32.33±1.67	2.14±1.00	4.67	13.3±0.69	11.8±1.01
16	Сосна	68.02±3.96	31.98±2.01	4,10±2.03	2.43	16.3±0.78	13.6±1.23
	Лиственница	80.83±5.43	19.18±0.99	3.56±1.35	2.81	16.3±0.91	15.4±1.12
18	Сосна	66.55±3.12	33,45±1.37	6.08±3.42	1.64	18.1±0.69	15.3±1.05
	Лиственница	-	-	-	-	-	-
Среднее значение	Сосна	<b>67.87±4.07</b>	<b>32.13±1.46</b>	<b>3.54±1.06</b>	<b>3.42</b>	<b>12.40±1.08</b>	<b>10.18±0.68</b>
	Лиственница	<b>72.36±4.51</b>	<b>27.64±1.30</b>	<b>2.93±1.05</b>	<b>3.61</b>	<b>12.14±1.24</b>	<b>10.28±0.74</b>

\*Результаты получены авторами.

Как видно из табл. 2, в перегушенных лесных культурах лиственницы и сосны идет интенсивная дифференциация деревьев, о чем свидетельствует диапазон диаметров на высоте 1,3 метра от 6 до 18 сантиметров. При этом у деревьев различных ступеней толщины средняя ширина годового слоя практически одинакова. Поскольку возраст лесных культур составляет на

момент исследования 21 год, в годовых слоях преобладает ранняя древесина; так, среднее значение процента ранней древесины у сосны составляет 67.87 %, у лиственницы – 72.36 %, что несколько неожиданно, обычно лиственница формирует более высокий процент поздней древесины. Скорее всего, данный факт можно объяснить высокой сомкнутостью лесных культур в рядах и

недостатком освещенности отдельных деревьев. В более позднем возрасте процент поздней древесины несколько увеличивается (табл. 3), от 1.41 у лиственницы до 4.8 % у сосны. Число годичных слоев в 1 см древесины у сосны и лиственницы примерно одинаково. Стволы хорошо очищены от сучьев, прямые, полнодревесные, что в дальнейшем позволит сформировать высокопродуктивный качественный древостой. Диаметры торцов сосны и лиственницы в этом возрасте сопоставимы, толщина коры сосны и лиственницы также мало отличается друг от друга. Полученные спилы модельных деревьев, взятых из комлевой части стволов, имеют торцовую поверхность без признаков пороков, годичные слои хорошо видны на всех спилах. Спилы отшлифованы для лучшего определения показателей макроструктуры годичных слоев. В работе проведено исследование изменение показателей макроструктуры древесины сосны и лиственницы по пятилетиям. Данные представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, в исследованных модельных деревьях сосны и лиственницы содержание поздней древесины в годичных слоях сначала увеличивается в направлении от сердцевины к коре, достигает максимума, а затем в слоях, расположенных ближе к коре, уменьшается. При этом заметно, что лиственница формирует более мелкослойную древесину с большим содержанием поздней древесины. Процент поздней древесины у лиственницы в среднем на 10 % превышает процент поздней древесины сосны, средняя ширина годичного слоя сосны несколько больше, чем у лиственницы, что соответствует биологическим особенностям данных древесных видов. Однако изучения только показателей структуры годичных слоев для определения качества формируемой древесины недостаточно, поэтому дополнительно

были определены плотность ядровой и заболонной древесины лиственницы (так как ядро и заболонь уже сформированы) и плотность древесины сосны, у которой ядро в этом возрасте еще не сформировано. Также определена прочность образцов древесины сосны и лиственницы при сжатии вдоль волокон. Были подготовлены по 30 образцов каждой категории древесины. В табл. 4 приведены данные по определению влажности испытанных образцов, которое проводилось методом высушивания после определения предела прочности при сжатии вдоль волокон.

Влажность древесины соответствует требованиям стандарта и находится в пределах от 5 до 8 %. По общепринятым формулам произведен пересчет плотности древесины на значение стандартной влажности [2]. Результаты определения плотности при стандартной влажности 12 % приведены в табл. 6.

Поскольку влажность образцов отличается от нормализованной, показатели механических свойств пересчитаны на влажность 12 % по формуле [2]

$$B = B_w \cdot [1 + \alpha \cdot (W - 12)], \quad (1)$$

где  $B$  – показатель данного свойства при влажности 12 %;  $B_w$  – показатель свойства при влажности  $w$ ;  $W$  – влажность древесины в момент испытаний;  $\alpha$  – поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется показатель данного свойства при изменении влажности на 1 %. В табл. 7 приведены полученные результаты испытаний прочности образцов при сжатии вдоль волокон.

В табл. 8 приведены средние статистические показатели проведенных расчетов прочности древесины сосны и лиственницы.

Таблица 3

Динамика изменения показателей макроструктуры древесины сосны и лиственницы от 1 года до 20 лет\*

Возраст, лет	сосна			лиственница		
	Ранняя древесина, мм	Поздняя древесина, мм	% поздней древесины	Ранняя древесина, мм	Поздняя древесина, мм	% поздней древесины
1-5	2.10±0.16	0.77±0.17	27.38±1.59	1.81±0.09	0.78±0.09	36.96±1.97
6-10	3.47±0.23	1.25±0.12	26.52±1.98	3.15±1.22	1.34±0.04	30.48±1.54
11-15	2.97±0.98	1.22±0.16	29.74±2.01	3.09±1.56	1.23±0.05	38.03±2.03
16-20	2.53±0.22	1.21±0.16	32.18±2.13	1.84±0.99	1.23±0.09	38.37±1.96

\*Результаты получены авторами.

Таблица 4

Среднее значение влажности испытанных образцов древесины\*

Порода	Среднее значение влажности, %	Среднее квадратичное отклонение
Лиственница ядро	7.21 ±0.29	0.81
Лиственница заболонь	8.15±0.41	0.76
Сосна	5.25±0.31	0.67

\*Результаты получены авторами.

Таблица 5

Средняя плотность образцов при влажности в момент испытания\*

Порода	Размер образцов, см	Средняя масса образца, г	Плотность, кг/м <sup>3</sup> ρ <sub>w</sub>
Лиственница ядро	2*2*3	8.15	648.65
Лиственница заболонь	2*2*3	7.21	571.48
Сосна	2*2*3	5.25	429.53

\*Результаты получены авторами.

Таблица 6

Значение плотности древесины при различной влажности\*

Порода древесины	Влажность W, %	Плотность при влажности, отличающейся от нормализованной ρ <sub>w</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Значение пересчетного коэффициента K <sub>12</sub> <sup>w</sup>	Плотность при влажности 12% ρ, кг/м <sup>3</sup>
Лиственница ядро	8.15	648.65	0.989	655.86
Лиственница заболонь	7.21	571.48	0.986	579.59
Сосна	5.25	429.53	0.972	441.90

\*Результаты получены авторами.

Таблица 7

Значение пределов прочности при различной влажности\*

Порода и состояние древесины	Среднее значение предела прочности при влажности в момент испытания σ, МПа	Влажность в момент испытания W, %	Поправочный коэффициент на влажность α	Среднее значение предела прочности при влажности 12 %, МПа σ <sub>12</sub>
Лиственница ядро	67.91	7.21	0.04	54.91
Лиственница заболонь	51.26	8.15	0.04	43.37
Сосна	55.04	5.25	0.04	40.18

При проведении механических испытаний образцов сосны и лиственницы выяснилось, что лиственница часто разрушается при сжатии, что не дает получить достоверные результаты. Пришлось дополнительно заготавливать образцы, при осмотре образцов выявлено наличие таких пороков, как глазки, закомелистость, которая проявилась в виде наклона волокон, начальной стадии свилеватости, что стало причиной невысоких прочностных свойств лиственницы в комлевой ее части. На рис. 1 показаны некоторые наиболее распространенные пороки образцов лиственницы (фото авторов).

Как видно из табл. 9, плотность молодой древесины сосны и лиственницы из смешанных лесных культур, созданных посевом, существенно не отличается от стандартных значений [2], хотя в справочнике приведены данные для спелых деревьев. Несколько ниже по сравнению со справочными данными плотность заболони лиственницы сибирской и древесины сосны обыкновенной, а плотность ядровой части выше, чем стандартные данные, на 3,1 %. Число годичных слоев в 1 см в 3.27 – 3.73 раза меньше, чем у взрослых деревьев данных пород. Для молодняков,

находящихся в стадии активного роста по высоте и диаметру, такой процент вполне достоверен. Процент поздней древесины недостаточно высок по сравнению со справочными данными для древесины лиственницы сибирской. Процент поздней древесины у сосны обыкновенной даже выше, чем стандартные данные на 19.0 %. Как и следовало ожидать, прочностные показатели испытуемых образцов оказались ниже стандартных данных, особенно у лиственницы, за счет пороков, которые неожиданно были определены при

заготовке образцов для проведения испытаний на прочность при сжатии вдоль волокон (рис. 1, 2). Прочность ядровой части лиственницы меньше стандартных значений на 12.42 %, прочность заболони – на 30.08 %, прочность сосны обыкновенной ниже на 12.00 %. Сравнительно невысокая прочность при сжатии вдоль волокон объясняется довольно широкими годичными слоями, которые характерны для молодняков хвойных пород, и низким процентом поздней древесины, которые также характерны для молодых деревьев.

Таблица 8

Средние статистические показатели механических свойств сосны (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы (*Larix sibirica* Ldb.)\*

Порода древесины	Количество образцов, шт.	Среднее значение предела прочности, МПа	Среднеквадратическое отклонение, S	Средняя ошибка выборочного среднего $S_{\sigma}$	Коэффициент вариации V, %	Относительная точность определения выборочного среднего
Лиственница ядро	30	54.91	4.25	0.780	7.74	0.376
Лиственница заболонь	30	43.37	3.77	0.688	8.69	0.354
Сосна	30	40.18	3.58	0.650	8.90	0.345

\*Результаты получены авторами.

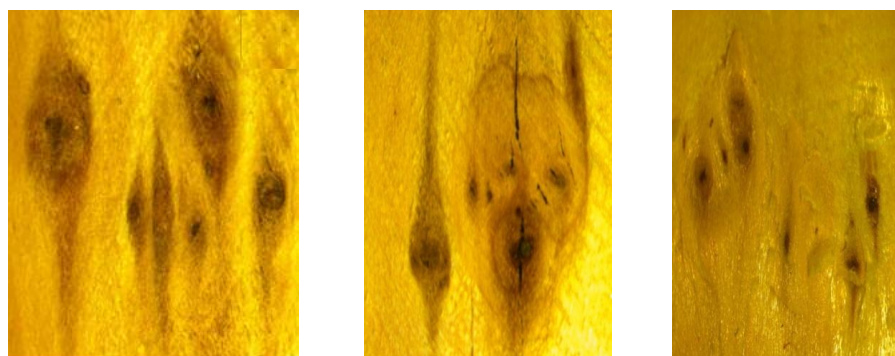


Рис. 1. Глазки на образцах лиственницы в заболони и в ядре

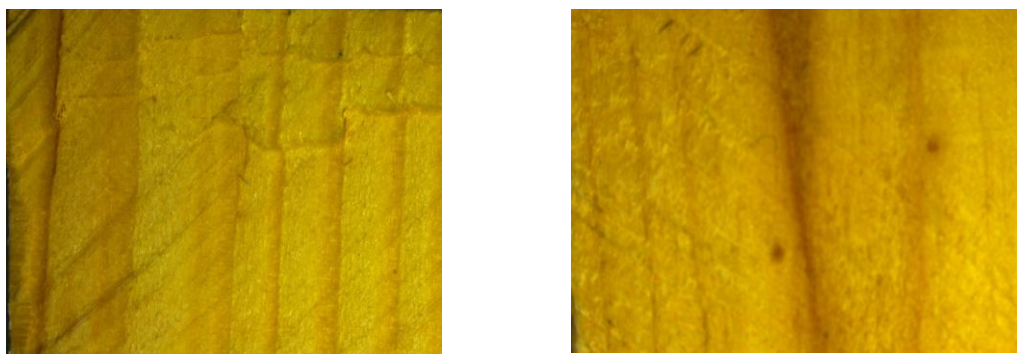


Рис. 2. Наклон волокон при формировании закомелистости

Сравнение физико-механических свойств исследуемой древесины со стандартными значениями [2]

Показатели физико-механических свойств древесины	Лиственница ( <i>Larix sibirica</i> Ldb.)			Сосна ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)		
	справочные данные по Восточной Сибири*	ядро	заболонь	стандартные справочные данные по Восточной Сибири*	сосна	
Плотность при влажности 12%, кг/м	636	655.86	579.59	465	480±10.0**	441.90
Количество годичных слоев в 1 см, шт.	13.5	3.61	3.61	11.2		3.42
Процент поздней древесины, %	29	27.64	27.64	27	32.7±1.8	32.13
Предел прочности при сжатии вдоль волокон при влажности 12%, МПа	62.7	54.91	43.37	45.7	45.1±1.3	40.18

\*Данные из справочника по древесине [2], \*\*данные В.И. Мелехова [8], остальные результаты получены авторами.

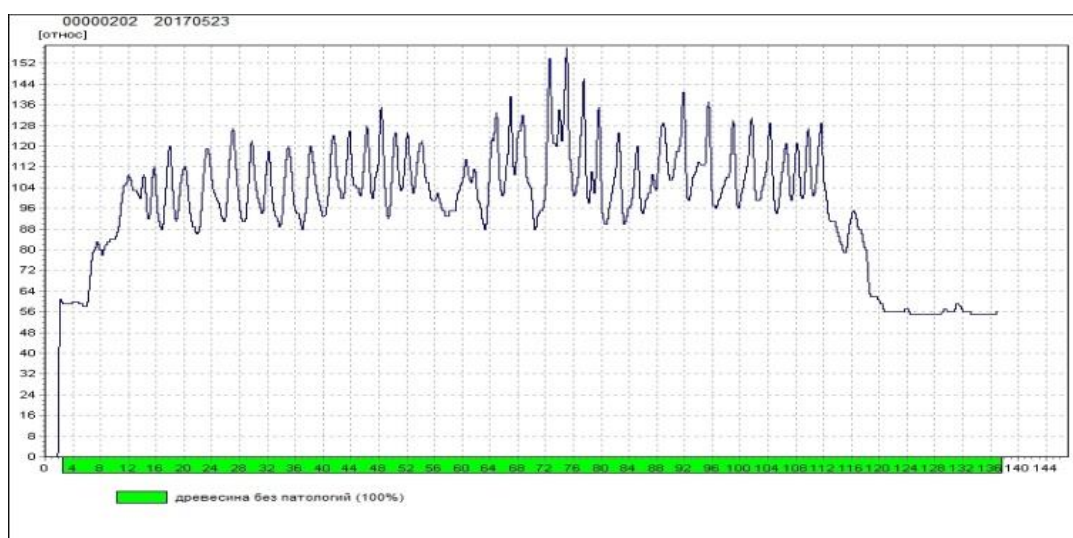


Рис. 3. Резистограмма лиственницы сибирской (Результаты получены авторами)

Дополнительно произведена оценка качества древесины с использованием прибора Resistograph 4450 спилов модельных деревьев сосны и лиственницы (всего 40 деревьев). Резистограммы показали высокие прочностные показатели спилов в комлевой части без признаков понижения твердости древесины (рис. 3).

Из резистограммы (рис. 3) можно сделать вывод, что древесина лиственницы сибирской здорова, патологий и существенного снижения прочности, свидетельствующего о наличии гнили, не наблюдается. Особенно четко видна разница

между относительной плотностью ранней и поздней древесины от 60 у ранней древесины до 162 у поздней древесины. Падение значений относительной плотности в начале и конце резистограммы показывает прохождение через кору исследуемых спилов.

Из рис. 4 видно, что древесина здорова, без патологий. Разница относительной плотности ранней и поздней древесины меньше, чем у лиственницы, и составляет от 60 у ранней древесины до 108 у поздней древесины. На основании сравнения резистограмм можно сделать



вывод, что условная плотность поздней древесины у лиственницы сибирской примерно на 50 % выше, чем у сосны обыкновенной.

### **Выводы**

Исследования, проведенные с целью выявления качества роста и строения древесины опытных смешанных лесных культур, позволяют сделать следующие выводы.

1. Опытные лесные культуры следует отнести к перегущенным смешанным культурам. Расстояние между рядами 2 метра является оптимальным, но в ряду количество посевных мест слишком большое, что приводит к жесткой конкуренции как внутривидовой, так и межвидовой. Несмотря на это, опытный участок лесных культур обладает высокой энергией роста, характеризуются хорошими таксационными показателями, характерными для насаждений II-III класса бонитета. В насаждениях происходит интенсивная дифференциация по диаметру и высоте, у сосны встречаются деревья ступеней толщины от 6 до 18 см, у лиственницы – от 8 до 16 см.

2. При сравнении полученных экспериментальных результатов со справочными данными для условий Восточной Сибири [2] установлено, что по сравнению с ними плотность древесины сосны обыкновенной и лиственницы сибирской в заболонной части спило ниже стандартных данных соответственно на 4.9-8.9 %. Плотность ядровой части спилов лиственницы выше, чем стандартные данные, на 3.1 %. Число годичных слоев в образцах сосны и лиственницы в 1 см в 3.27-3.73 раза меньше, чем у стандартных данных, характерных для взрослых деревьев данных пород. Процент поздней древесины исследуемых пород можно сопоставить со справочными данными, а у сосны обыкновенной этот показатель даже выше, чем стандартные данные, на 19 %. Прочность ядровой части образцов лиственницы меньше стандартных значений на 12.42 %, прочность заболони

лиственницы – на 30.08 %. Прочность древесины при сжатии вдоль волокон у сосны обыкновенной ниже на 12 % по сравнению со справочными данными. Сравнительно невысокая прочность при сжатии вдоль волокон объясняется довольно широкими годичными слоями, которые характерны для молодняков хвойных пород, и низким процентом поздней древесины, который также характерен для молодых деревьев.

3. При проведении испытаний на прочность при сжатии вдоль волокон было выявлено наличие мелких пороков в комлевой части стволов лиственницы сибирской, о которых не упоминается в научной литературе. Данные пороки не позволили провести в полном объеме испытания на сжатие, так как образцы разрушались преждевременно. Дополнительная партия образцов также имела подобные пороки (глазки, закомелистость, наклон волокон). В результате предел прочности лиственницы на сжатие вдоль волокон оказался ниже ожидаемого результата примерно на 5-10 %.

4. В лесных культурах формируются стройные полнодревесные деревья с относительно хорошими физико-механическими свойствами древесины. Если вовремя провести рубку ухода в молодняках с достаточно высокой степенью изреживания (35-50 %), то можно добиться более равномерного размещения деревьев в рядах, что позволит увеличить прирост по диаметру и высоте, снизить остроту внутри- и межвидовой конкуренции, а также увеличить продуктивность экспериментальных лесных культур. Также рекомендуется в соответствующих лесорастительных условиях практиковать создание смешанных лесных культур сосны и лиственницы посевом или посадкой, тем самым сохраняя лиственницу как преобладающую древесную породу российских лесов.

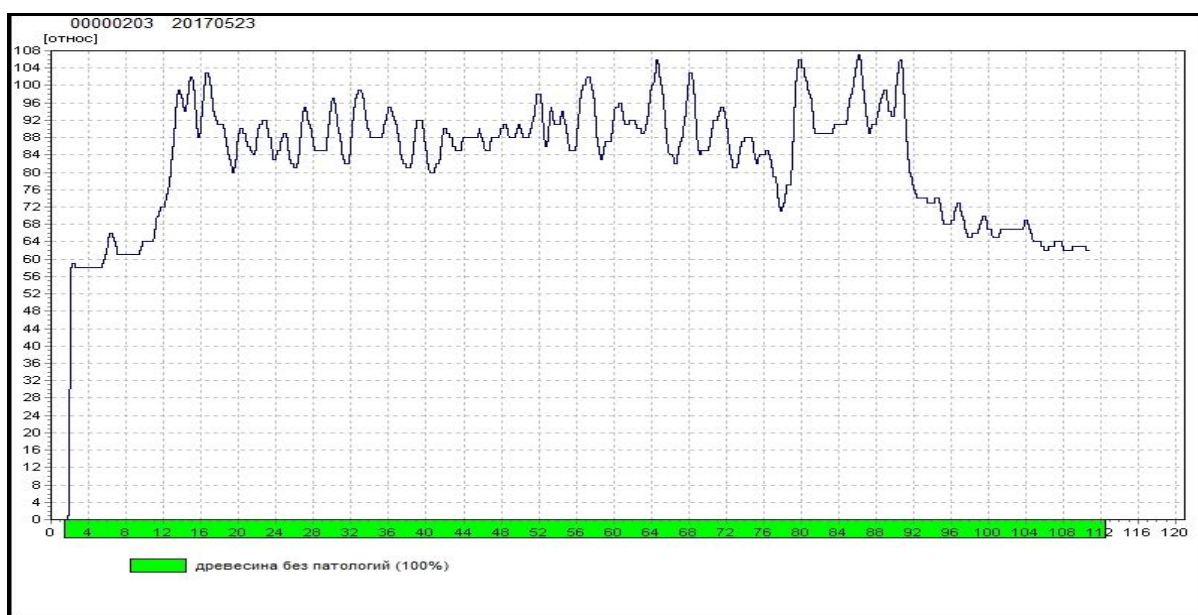


Рис. 4. Резистограмма сосны обыкновенной (Результаты получены авторами)

## Библиографический список

1. Селиверстов, А. А. Литературный обзор: Исследования по качеству древесины / ред.: Ю. Ю. Герасимов, С. Карвинен, Э. Вялькю ; Петрозаводский государственный университет и НИИ леса Финляндии. – 2008. – 52 с.
2. Боровиков, А. М. Справочник по древесине / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев. – Москва : Лесная промышленность, 1989. – 296 с.
3. Рунова, Е. М. Динамика роста смешанных сосново-лиственничных насаждений в условиях Приангарья / Е. М. Рунова, И. А. Гарус, Д. В. Серков // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 2. – С. 35–40.
4. Оценка формы ствола и кроны сосны обыкновенной по комплексу морфологических признаков / С. А. Шавнин, И. С. Овчинников, А. А. Монтиле, Д. Ю. Голиков // Лесоведение. – 2019. – № 1. – С. 64–74.
5. Кузьмин, С. Р. Особенности древесины у сосны обыкновенной разного происхождения в географических культурах Западной и средней Сибири / С. Р. Кузьмин // Строение, свойства и качество древесины – 2018: Матер. междунар. симпозиума имени Б.Н. Уголева, посвященного 50-летию Регионального Координационного совета по современным проблемам лесоведения (Красноярск, 10-16 сентября 2018 г.) – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2018. – С. 126–130.
6. Белов, А. А. Структура годичных колец древесины сосны обыкновенной в зоне аварии на Чернобыльской АЭС в связи с плотностью древостоев / А. А. Белов // Лесоведение. – 2018. – № 4. – С. 285–291.
7. Царенко, В. П. Продуктивность и качество древесины смешанных елово-сосновых древостоев на почвах двучленного строения / В. П. Царенко, Д. А. Данилов, А. П. Смирнов // Известия СПбГАУ. – 2014. – № 36. – С. 55–60.
8. Мелехов, В. И. Качество древесины сосны в культурах / В. И. Мелехов, Н. А. Бабич, С. А. Корчагов. – Архангельск : Изд-во АГТУ, 2003. – 110 с.
9. Wilson, B. F. Differentiation of cambium derivatives: proposed terminology / B. F. Wilson, T. J. Wodskicki, R. Zabner // Forest Sci. – 1966. – V. 12. – N 4. – P. 438–440.
10. Bues, C. T. Wood quality of last normal growing trees / C. T. Bues // Fast growing trees and nitrogen fixing tree. International conferece. – Marburg: G. Fischer Verlag., 1989. – P. 340–353.

11. Kowalczyk, T. Grade Models and Methods for Data Analysis with Applications for the Analysis of Data Populations : monographia / T. Kowalczyk, E. Pleszczyńska, F. Ruland. – Studies in Fuzziness and Soft Computing. – Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag., 2004. – 151 p.
12. Repola, J. Models for Vertical Wood Density of Scot Pine / J. Repola // Norway Spruce and Birch Stems, and Their Application to Determine Average Wood Density Silva Fennica. – 2006. – № 40 (4). – P. 673–675.
13. Luostarinen, K. Effects of basic density, annual growth and drying schedule on selected quality factors of dried Siberian larch (*Larix sibirica*) timber / K. Luostarinen, S. Heikkonen, J. Korri // Wood Material Science and Engineering. – 2010. – Vol. 1. – P. 24–33.
14. Jyske, T. The effects of thinning and fertilization on wood and tracheid properties of Norway spruce (*Picea abies*) – the results of long-term experiments / T. Jyske // Department of Forest Resource Management, Faculty of Agriculture and Forestry University of Helsinki, Academic dissertation, 2008. – 59 p.
15. Pretzsch, H. Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands / H. Pretzsch, G. Schütze // European Journal of Forest Research. – January 2016. – Vol. 135. – Issue 1. – P. 1-22 F.
16. Runova, E. Growth and formation patterns of pine-larch saplings in conditions of Eastern Siberia / E. Runova, I. Garus, D. Serkov // Journal of forest science/ – 2018. – Vol. 9 (64). – P. 387–393.
17. ГОСТ 16483.21-72. Древесина. Методы отбора образцов для определения физико-механических свойств после технологической обработки : издание официальное : введ. : 1974-01-01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1972. – 3 с.

### References

1. Seliverstov A.A., Gerasimov Yu.Yu., Karvinen S., Välkkyu E. Literature review: Research on the quality of wood. Petrozavodsk State University and the Forest Research Institute of Finland, 2008. 52 p. (in Russian)
2. Borovikov A.M., Ugolev B.N. Handbook of wood. M.: Forest industry, 1989. 296 p. (in Russian)
3. Runova E.M., Garus I.A., Serkov D.V. (2019) Growth dynamics of mixed pine-larch stands in the Angara region. *Successes in modern science*. No 2. P. 35-40. (in Russian)
4. Shavnin S.A., Ovchinnikov I.S., Montile A.A., Golikov D.Yu. (2019). Assessment of the shape of the trunk and crown of Scots pine according to a complex of morphological attributes. *Forestry*. No. 1, p. 64-74. (in Russian)
5. Kuzmin S.R. Peculiarities of wood in common pine of different origin in the geographical cultures of Western and Middle Siberia. *Structure, properties and quality of wood - 2018: Materials of the international symposium named after B.N. Ugolev, dedicated to the 50th anniversary of the Regional Coordination Council on Contemporary Problems of Wood Science (Krasnoyarsk, September 10-16, 2018)*. Novosibirsk: Publishing House of the SB RAS, 2018, p. 126-130. (in Russian)
6. Belov A.A. (2018). The structure of tree rings of Scots pine in the accident zone at the Chernobyl nuclear power plant in connection with the density of stands. *Forestry*. No. 4. P. 285-291. (in Russian)
7. Tsarenko V.P., Danilov D.A., Smirnov A.P. (2014). Productivity and quality of wood of mixed spruce-pine stands on soils of a two-member structure. *Proceedings of St. Petersburg State Agrarian University*. No. 36. P. 55-60 (in Russian)
8. Melekhov V.I., Babich N.A., Korchagov S.A. The quality of pine wood in crops. Arkhangelsk: Publishing house of ASTU, 2003. 110 p. (in Russian)
9. Wilson B.F., Wodskicki T.J., Zabner R. (1966). Differentiation of cambium derivatives: proposed terminology. *Forest Sci.* V. 12. N 4. P. 438-440.
10. Bues C.T. Wood gualitu of last normal growing trees. *Fast growing trees and nitrogen fixing tree. Internetal conference*. Marburg. G. Fischer Verlag., 1989. P. 340-353.
11. Kowalczyk T., Pleszczyńska E., Ruland F. Grade Models and Methods for Data Analysis with Applications for the Analysis of Data Populations: monographia. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag, 2004. 151 p.

12. Repola J. (2006). Models for Vertical Wood Density of Scot Pine, Norway Spruce and Birch Stems, and Their Application to Determine Average Wood Density. *Silva Fennica*. No. 40 (4). P. 673-675.
13. Luostarinen K., Heikkonen S., Korri J. (2010) Effects of basic density, annual growth and drying schedule on selected quality factors of dried Siberian larch (*Larix sibirica*) timber. *Wood Material Science and Engineering*. 1: 24-33.
14. Jyske T. The effects of thinning and fertilization on wood and tracheid properties of Norway spruce (*Picea abies*) - the results of long-term experiments. Department of Forest Resource Management, Faculty of Agriculture and Forestry University of Helsinki, Academic dissertation, 2008. 59 p.
15. Pretzsch H., Schütze G. Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands. *European Journal of Forest Research*. January 2016. Vol. 135. Issue 1. P. 1-22 F.
16. Runova E., Garus I., Serkov D. (2018). Growth and formation patterns of pine-larch saplings in conditions of Eastern Siberia. *Journal of forest science*, 64, 2018 (9): p. 387–393.
17. GOST 16483.21-72. Wood. Methods of sampling to determine the physico-mechanical properties after processing. Enter. 1974-01-01. Moscow: IPK Standards Publishing House, 1972. 3 p. (in Russian).

### Сведения об авторах

*Рунова Елена Михайловна* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор базовой кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск, Российская Федерация; e-mail: runova0710@mail.ru.

*Чельшьева Ирина Николаевна* – кандидат технических наук, доцент, доцент базовой кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск, Российская Федерация; e-mail: irinachelysheva@yandex.ru.

*Плотников Николай Павлович* – кандидат технических наук, доцент, доцент базовой кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск, Российская Федерация; e-mail: n-plotnikov@mail.ru.

*Гарус Иван Александрович* – кандидат технических наук, доцент базовой кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск, Российская Федерация; e-mail: ivan-garus@yandex.ru.

*Гаврилин Игорь Игоревич* – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: IGavrilin@usurt.ru.

### Information about authors

*Runova Elena Mikhailovna* – DSc (Agriculture), Professor, Professor of the Basic Department of Reproduction and Processing of Forest Resources, FSBEI HE "Bratsk State University", Bratsk, Russian Federation; e-mail: runova0710@mail.ru.

*Chelysheva Irina Nikolaevna* – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Basic Department of Reproduction and Processing of Forest Resources, FSBEI HE "Bratsk State University", Bratsk, Russian Federation; e-mail: irinachelysheva@yandex.ru.

*Plotnikov Nikolay Pavlovich* – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Basic Department of Reproduction and Processing of Forest Resources, FSBEI HE "Bratsk State University", Bratsk, Russian Federation; e-mail: n-plotnikov@mail.ru.

*Garus Ivan Aleksandrovich* – PhD (Engineering), Associate Professor of the Basic Department of Reproduction and Processing of Forest Resources, FSBEI HE "Bratsk State University", Bratsk, Russian Federation; e-mail: ivan-garus@yandex.ru.

*Gavrilin Igor Igorevich* – PhD (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Technosphere Security, Ural State University of Railway Engineering, Yekaterinburg, Russian Federation; e-mail: IGavrilin@usurt.ru.