

Исследование физико-механических свойств древесины лиственницы сибирской

А.Н. Чубинский^{1а}, М.А. Чубинский^{1б}, Г.С. Варанкина^{1с},
Д.С. Русаков^{1д}, А.М. Артеменков^{1е}, С.А. Степанищев^{2ф}, И.А. Гарус^{2г}

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
пер. Институтский, 5, Санкт-Петербург, Россия

² Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^а a.n.chubinsky@gmail.com, ^б mchubinsky@gmail.com, ^с varagalina@yandex.ru,

^д dima-ru25@mail.ru, ^е a-artemenkov@mail.ru, ^ф sergei02072009@mail.ru, ^г ivan-garus@yandex.ru

^а <https://orcid.org/0000-0001-7914-8056>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-9565-0203>,

^с <https://orcid.org/0000-0003-3470-5124>, ^д <https://orcid.org/0000-0002-4344-2779>,

^е <https://orcid.org/0000-0003-4281-8356>, ^ф <https://orcid.org/0000-0002-9820-2262>,

^г <https://orcid.org/0000-0003-4575-6584>

Статья поступила 15.10.2020, принята 20.11.2020

Основные насаждения лиственницы расположены в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Larix sibirica Ldb и Larix dahurica turz — два основных вида лиственницы, произрастающих в России. Их свойства принципиально отличаются от свойств лиственницы европейской (Larix decidua) более высокими показателями прочности и сопротивляемости воздействию дереворазрушающих грибов. Исследование свойств древесины лиственницы представляет безусловный научный и практический интерес. Исследованию подлежали: плотность и модуль упругости; предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон и при изгибе; кинетика разрушения и стойкость к воздействию дереворазрушающих грибов Coniofora puteana и Gloeophyllum sepiarium. Исследования позволяют сделать следующие выводы: результаты исследований физико-механических показателей древесины лиственницы сибирской согласуются с данными, полученными ранее Б.Н. Уголевым и др., что закладывает основу для дальнейших исследований физических и механических свойств хвойных пород древесины, в частности древесины лиственницы сибирской; стойкость древесины лиственницы (Larix sibirica) к воздействию дереворазрушающих грибов Coniofora puteana и Gloeophyllum sepiarium значительно превышает стойкость сосны. С возрастом повышается устойчивость древесины к деструктивному воздействию грибов. Положение образцов в стволе дерева также влияет на степень биостойкости древесины, однако эта зависимость слабо выражена по сравнению с влиянием возраста и плотности древесины.

Ключевые слова: лиственница сибирская; строение и свойства древесины; физико-механические показатели; стойкость древесины к воздействию дереворазрушающих грибов; кинетика разрушения древесины дереворазрушающими грибами.

Study of physical and mechanical properties of Siberian larch wood

A.N. Chubinsky^{1а}, M.A. Chubinsky^{1б}, G.S. Varankina^{1с},
D.S. Rusakov^{1д}, A.M. Artemenkov^{1е}, S.A. Stepanishchev^{2ф}, I.A. Garus^{2г}

¹ St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky per., St. Petersburg, Russia

² Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^а a.n.chubinsky@gmail.com, ^б mchubinsky@gmail.com, ^с varagalina@yandex.ru,

^д dima-ru25@mail.ru, ^е a-artemenkov@mail.ru, ^ф sergei02072009@mail.ru, ^г ivan-garus@yandex.ru

^а <https://orcid.org/0000-0001-7914-8056>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-9565-0203>,

^с <https://orcid.org/0000-0003-3470-5124>, ^д <https://orcid.org/0000-0002-4344-2779>,

^е <https://orcid.org/0000-0003-4281-8356>, ^ф <https://orcid.org/0000-0002-9820-2262>,

^г <https://orcid.org/0000-0003-4575-6584>

Received 15.10.2020, accepted 20.11.2020

The main plantations of larch are located in Eastern Siberia and the Far East. Larix sibirica Ldb and Larix dahurica Turz are the two main species of larch growing in Russia. Their properties are fundamentally different from the properties of European larch (Larix decidua) in higher strength and resistance to wood-destroying fungi. The study of the properties of larch wood is of unconditional scientific and practical interest. Density and modulus of elasticity of Siberian larch wood, ultimate strength of Siberian larch wood in compression along the grain and ultimate strength in bending, resistance of Siberian larch wood to the effects of wood-destroying fungi Coniofora puteana and Gloeophyllum sepiarium, kinetics of destruction of Siberian larch wood by wood-destroying fungi Coniofora puteana and Gloeophyllum sepiarium have been studied. The results of the research make it possible to draw the following conclusions:

the results of studies of the physical and mechanical parameters of Siberian larch wood are consistent with the data obtained earlier by B.N. Ugolev and others, which lays the foundation for further research on the physical and mechanical properties of coniferous wood, in particular Siberian larch wood; the resistance of larch wood (*Larix sibirica*) to the effects of wood-destroying fungi *Coniofora puteana* and *Gloeophyllum sepiarium* significantly exceeds the resistance of pine. With age, the resistance of wood to the destructive effects of fungi increases. The position of the samples in the tree trunk also affects the degree of wood biostability, however, this dependence is weakly expressed in comparison with the influence of the age and density of the wood.

Keywords: Siberian larch; structure and properties of wood; physical and mechanical parameters; resistance of wood to the effects of wood-destroying fungi; kinetics of wood destruction by wood-destroying fungi.

Введение. Лиственница — самая распространенная порода древесины в России, ее запасы составляют более одной трети общего объема древостоя (около 28 из 82 млрд м³). Она обладает высокими физико-механическими свойствами и природной биостойкостью (табл. 1) [1–20].

Таблица 1. Физико-механические свойства хвойных пород древесины [3; 4]

Порода древесины	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии вдоль волокон, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при растяжении вдоль волокон, МПа	Прочность при скалывании, МПа	Модуль упругости, ГПа	Биостойкость (потеря массы древесного образца, %, от воздействия <i>Coniofora puteana</i>)	
							Ядро	Заболонь
Лиственница (<i>Larix spp</i>)	640	56,7	98,5	119,5	8,7	13,8	–	–
Лиственница (<i>Larix sibirica</i>)	660	61,5	97,8	120,5	14,9	–	23,30	32,15
Сосна (<i>Pinus spp</i>)	470	39,6	71,8	84,1	6,2	11,9	–	63,80
Ель (<i>Picea spp</i>)	450	39,0	70,3	70,3	6,3	9,3	–	–
Пихта (<i>Abies spp</i>)	380	34,4	60,3	65,6	5,8	8,7	–	–

Основные насаждения лиственницы расположены в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. *Larix sibirica* Ldb и *Larix dahurica* turcz — два основных вида лиственницы, произрастающих в России. Их свойства принципиально отличаются от свойств лиственницы европейской (*Larix decidua*) более высокими показателями прочности и сопротивляемости воздействию дереворазрушающих грибов [6; 14; 16].

Лиственница сибирская из сибирских древесных пород — самая долговечная, доживает до 350–400 лет, а отдельные деревья до 600 лет. В бассейне р. Ангара встречаются 800–900-летние деревья, имеется информация о лиственнице возрастом 1 348 лет.

Среди хвойных пород в России лиственница занимает первое место по площади и запасу древесины. Распространена лиственница сибирская в основном в Сибири (об этом говорит и ее название), заходит и в европейскую часть России на северо-востоке. К востоку от Енисея замещается близким видом — лиственницей Гмелина, или даурской, а на Дальнем Востоке произрастают другие виды этого рода. Основные запасы лиственницы сосредоточены в Восточной Сибири и составляют 78,5 % от площади и 77 % от всех запасов лиственницы в стране. В лесах Красноярского края на этот вид приходится 30 % всех деревьев, в Иркутской области — 40 %. Лиственница образует редкостойные светлые леса на огромнейшей площади. Она растет и в суровых климатических условиях, на севере доходит до тундры, а в горах поднимается до верхней границы леса. Лиственница растет также на болотах и бесплодных крутых склонах гор.

Древесина лиственницы сибирской характеризуется высокой плотностью и естественной стойкостью к

воздействию дереворазрушающих грибов. В среднем полная линейная усушка в тангенциальном направлении составляет 6–10 %, в радиальном — 3–5 % и вдоль волокон — 0,1–0,3 % [1; 3; 4]. В тангенциальном направлении усушка в 1,5–2 раза больше, чем в радиальном. Усушка вдоль волокон незначительна.

В пределах годичного слоя плотность древесины различна: плотность поздней древесины в 2–3 раза больше, чем ранней, поэтому чем лучше развита поздняя древесина, тем выше ее плотность. По плотности лиственницу сибирскую относят к породам средней плотности (от 550 до 740 кг/м³). Твердость находится в пределах от 40,1 до 80 МПа.

Известно также, что физико-механические свойства древесных материалов зависят от многих факторов [1; 3–20], а долговечность конструкций — и от биологической стойкости древесины [6; 14; 16].

Наличие в древесине лиственницы большого количества экстрактивных веществ (см. табл. 2) придает ей высокую сопротивляемость воздействию дереворазрушающих грибов [2].

Несмотря на большие запасы и высокие эксплуатационные свойства, лиственница все еще недостаточно востребована в производстве строительных материалов и конструкций по причине технологических трудностей ее обработки [9–11]. В этой связи исследование физико-механических свойств древесины лиственницы, представляет безусловный научный и практический интерес.

Методика проведения исследований. Исследованию подлежали:

– плотность и модуль упругости древесины лиственницы сибирской;

– прочность древесины лиственницы сибирской при сжатии вдоль волокон и при изгибе;
– стойкость древесины лиственницы сибирской к воздействию дереворазрушающих грибов *Coniofora*

puteana и *Gloeophyllum sepiarium*;

– кинетика разрушения древесины лиственницы сибирской дереворазрушающими грибами *Coniofora puteana* и *Gloeophyllum sepiarium*.

Таблица 2. Химический состав древесины лиственницы и сосны [2–4]

Наименование вещества	Лиственница сибирская		Сосна обыкновенная	
	Ранняя древесина	Поздняя древесина	Ранняя древесина	Поздняя древесина
Целлюлоза	45,39	46,23	53,18	54,42
Лигнин	29,57	29,39	28,45	27,86
Гемицеллюлозы	–	–	20,68	20,36
Пентозаны	9,50	9,08	12,22	10,50
Эфирный экстракт	2,01	1,32	1,83	1,35
Спиртовый экстракт	1,64	1,85	1,29	0,84
Водный экстракт	8,18	3,65	0,63	0,57
Зола	1,45	0,72	0,23	0,29

Определение соответствия физико-механических свойств исследуемой древесины лиственницы сибирской требованиям СП 64.13330.2017 «Древесные конструкции», сравнение свойств вершинной и комлевой частей.

Пробы для проведения испытаний отбирались из брусков сечением 120 x 200 мм, длиной 12 м. В соответствии с ГОСТ 16483.0-89 «Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям» исполь-

зовали одностадийную выборку методом случайных чисел, из партии в количестве 236 брусков первоначально выбирали 32 шт., что составило 13,6 %, пробы выпиливались из комлевой и вершинной частей брусков. Образцы высушивались до конечной средней влажности 12±2 %. Влажность древесины определяли по ГОСТ 16483.7-71 «Древесина. Методы определения влажности».

Таблица 3. Результаты математической обработки экспериментальных данных физико-механических испытаний древесины лиственницы

Показатель	Единица измерения	Количество образцов, шт.	Среднее арифметическое значение, М	Среднее квадратическое отклонение, S	Коэффициент вариации, v	Ошибка среднего арифметического значения, m	Показатель точности вычислений, p
Плотность древесины	кг/м ³						
Комлевая часть	–“–	16	651,91	57,90	8,88	14,48	2,22
Вершинная часть	–“–	20	639,71	59,30	9,27	13,26	2,11
Предел прочности при сжатии вдоль волокон (при влажности 12 %)	МПа						
Комлевая часть	–“–	16	59,72	6,74	11,28	1,68	2,82
Вершинная часть	–“–	20	59,29	7,73	13,03	1,73	2,92
Модуль упругости (при влажности 12 %)	ГПа						
Комлевая часть	–“–	32	18,80	2,85	15,16	0,51	2,68
Вершинная часть	–“–	28	17,68	2,48	14,03	0,47	2,65
Предел прочности при изгибе (при влажности 12 %)	МПа						
Комлевая часть	–“–	32	103,94	14,71	14,15	2,60	2,50
Вершинная часть	–“–	28	99,11	14,00	14,13	2,65	2,67

Исследования древесины на биологическую стойкость проводили по стандартной методике (ГОСТ 28184-89 «Средства защитные для древесины. Метод определения предела воздействия на дереворазрушающие грибы класса базидиомицетов») с учетом требований Европейского стандарта EN 350-1 «Durability of wood and wood-based products. Natural durability of

solid wood». Стойкость оценивали по потере массы под воздействием дереворазрушающих грибов *Coniofora puteana* и *Gloeophyllum sepiarium*. Кинетику разложения исследовали по методике [6]. Переменными факторами в исследованиях биологической стойкости приняты возраст дерева, положение образца в стволе и плотность древесины.

Результаты исследований и их анализ. Результаты математической обработки экспериментальных данных образцов по определению плотности, модуля упругости, предела прочности при сжатии вдоль волокон и предела прочности при изгибе древесины лиственницы сибирской, в комлевой и вершинной частях, приведены в табл. 3.

Результаты математической обработки экспериментальных данных (см. табл. 3) можно использовать для прогнозирования нормативных показателей механических свойств древесины лиственницы сибирской и материалов на ее основе.

Для оценки закона распределения случайной величины результатов исследований — показателей древесины лиственницы построим кривые нормального распределения в соответствии с ГОСТ Р ИСО 54-79-2002 «Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения» (рис. 1). Нормальному закону распределения подчиняются результаты испытаний древесных материалов, производительность многих деревообрабатывающих станков, составы сырья и т. п., поэтому при обработке результатов наблюдений целесообразно предполагать именно нормальное распределение отклика [4; 5].

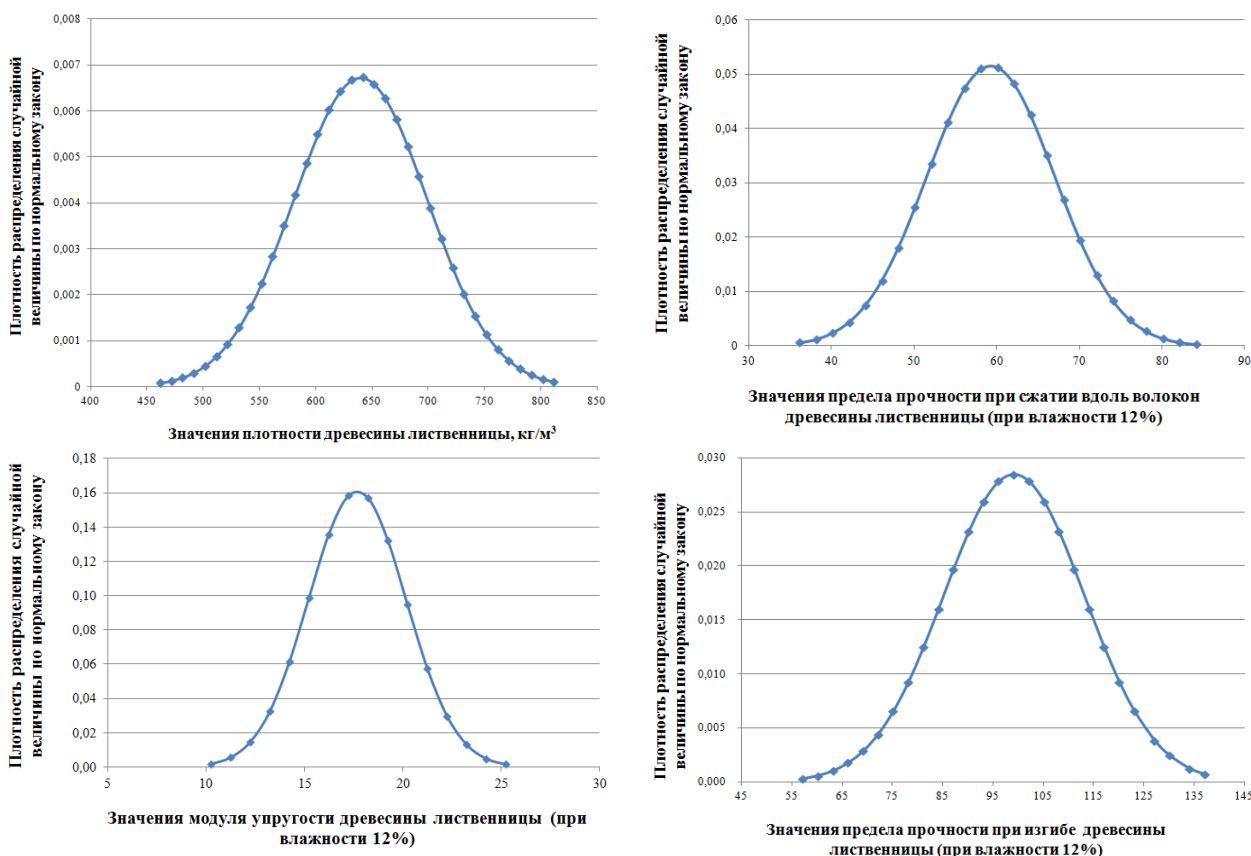


Рис. Плотность распределения физико-механических свойств древесины лиственницы

Фактические показатели физико-механических свойств древесины лиственницы, полученные в ходе исследований, превосходят требуемые значения показателей в соответствии с СП 64.13330.2017.

Свойства и строение древесины существенно зависят от возраста дерева, местоположения в стволе и влажности. В среднем потеря массы ядровой древесины лиственницы сибирской под воздействием дере-

Элементы деревянных конструкций и детали изделий имеют значительно большие размеры и содержат пороки древесины, установлено существенное снижение показателей прочности с увеличением размеров образцов [4]. Сравнительная оценка фактических и нормативных характеристик древесины лиственницы сибирской при влажности 12 % представлена в табл. 4.

Анализ результатов исследований физико-механических свойств древесины лиственницы сибирской (см. табл. 3, 4; рис.) показывает, что показатели плотности и прочности исследуемых образцов на 2–7 % ниже показателей, представленных в [4], что, на наш взгляд, вызвано изменением климата. Коэффициент вариации при всех испытаниях не превышает 16 %. Физико-механические свойства древесины с возрастом повышаются до некоторого предела, достигают максимума, а затем снижаются [3; 4]. В перестойных деревьях периферическая зона ствола, как показывают наблюдения [4], состоит из очень узких годичных слоев с пониженным содержанием поздней древесины; вследствие этого физико-механические свойства древесины оказываются заметно сниженными, что влечет за собой понижение и средних свойств древесины всего ствола.

возрастующего гриба *Coniophora puteana* составляет 14,84 %, а *Gloeophyllum sepiarium* — 11,36 %, снижаясь с увеличением возраста дерева.

Древесина лиственницы отличается от большинства распространенных в России пород высоким содержанием экстрактивных веществ [2; 3], в том числе кверцетина, кемпферола, дигидрокверцетина и дигидрокемпферола. Известно [1–3], что при формировании

ядровой древесины происходит значительное изменение химического состава. Ядровая древесина содержит меньшее количество лигнина, однако значительно большее количество экстрактивных веществ по сравнению с заболонной. При этом наибольшее их количество находится в наружной части ядра. Кроме того, наблюдаются значительные различия в количестве этих веществ по длине ствола. Все эти различия сказываются на интенсивности разложения древесины, поэтому дополнительно исследовали интенсивность разложения древесины лиственницы сибирской из

разных частей ствола. Образцы древесины, полученные из сортиментов различного возраста, испытывали на биостойкость. Опытные образцы получали из различных частей ствола: 0–50 см от комля, 50–100 см от комля, 50–100 см от верхушки, 0–50 см от верхушки. Район произрастания всей испытуемой древесины — Красноярск. Размер образцов — 20 x 30 x 5 мм, биостойкость определяли по потере массы древесины, зараженной культурой гриба, через 140 суток, использовали стандартные штаммы грибов *Coniophora puteana* и *Gloeophyllum sepiarium*.

Таблица 4. Сравнительная оценка физико-механических показателей древесины лиственницы

Наименование	Фактическое значение	Значение показателя в конструкции для различных условий эксплуатации по СП 64.13330.2017	Значение показателя по Б.Н. Уголеву [4]
Плотность древесины, кг/м ³			
Комлевая часть	651,91	650	665
Вершинная часть	639,71		
Модуль упругости при изгибе, ГПа			
Комлевая часть	18,80	7–16	13,8
Вершинная часть	17,68		
Временное сопротивление сжатию вдоль волокон чистой древесины, МПа			
Комлевая часть	59,72	33–44	62
Вершинная часть	59,29		
Временное сопротивление изгибу чистой древесины, МПа			
Комлевая часть	103,94	35–61	109
Вершинная часть	99,11		

Контрольные образцы из ядровой древесины сосны в возрасте 90 лет имели потерю массы 57,8 %, что существенно превышает потерю массы древесины лиственницы. Возраст дерева является одним из наиболее значимых факторов, влияющих на стойкость древесины к воздействию дереворазрушающих грибов. По мере его увеличения значительно повышается устойчивость к деструктивному воздействию дереворазрушающих грибов *Coniophora puteana* и *Gloeophyllum sepiarium*. Положение образцов в стволе дерева также влияет на степень биостойкости, однако эта зависимость слабо выражена по сравнению с влиянием возраста и плотности древесины.

Исследования кинетики разложения древесины лиственницы сибирской (табл. 5) и роли экстрактивных веществ в развитии дереворазрушающих грибов

позволяют утверждать о наличии связи биостойкости и содержания в древесине экстрактивных веществ, в первую очередь, спиртовых экстрактов.

В большинстве случаев меньше всего оказалась разрушена древесина, взятая из ядровой части ствола на расстоянии 50–100 см от комля, в то время как в нижней части ствола (0–50 см от комля) и на верхушке разрушение шло более интенсивно. Общая картина разрушения для всех испытываемых образцов древесины говорит о том, что формирование стойкости к дереворазрушающим грибам — процесс не случайный, а обусловленный определенными закономерностями роста древесины лиственницы, в первую очередь, неравномерностью распределения экстрактивных веществ фенольной группы, а также различиями в плотности древесины внутри дерева.

Таблица 5. Кинетика разложения древесины лиственницы сибирской дереворазрушающими грибами

Продолжительность опыта, суток	Потеря массы, %	Влажность образца, подвергаемого деструкции, %	Скорость разложения, k, % в сутки
14	2,5 / 2,9	107,3 / 132,8	0,085 / 0,086
28	3,5 / 3,8	128,3 / 146,3	0,138 / 0,118
56	10,0 / 10,0	161,5 / 147,9	0,323 / 0,205
84	22,3 / 18,5	182,1 / 153,1	0,556 / 0,382
112	38,3 / 24,9	187,5 / 157,2	0,557 / 0,399
140	52,3 / 38,6	206,2 / 163,8	0,357 / 0,399

Примечание. В числителе указаны результаты исследований со штаммом гриба *Coniophora puteana*, в знаменателе — *Gloeophyllum sepiarium*.

Заключение.

1. Анализ результатов исследований физико-механических свойств древесины лиственницы сибирской показывает, что показатели плотности и прочности исследуемых образцов ниже показателей, полученных в 60–80-х гг. прошлого века, что может быть вызвано изменениями климатических условий.

2. Фактические показатели физико-механических свойств древесины лиственницы, полученные в ходе

исследований, превосходят требуемые значения показателей в соответствии с СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции.

3. Стойкость древесины лиственницы (*Larix sibirica*) к воздействию дереворазрушающих грибов *Coniofora puteana* и *Gloeophyllum sepiarium* превышает стойкость сосны. С возрастом повышается устойчивость древесины к деструктивному воздействию грибов.

Литература

1. Бокщанин Ю.Р. Обработка и применение древесины лиственницы. М.: Лесная промышленность, 1982. 216 с.
2. Гвоздева Э.Н., Шарков В.И. Об изменениях химического состава древесины лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) с возрастом // Химия древесины. № 12. 1972. С. 45–48.
3. Поздняков Л.К., Протопопов В.В., Горбатенко В.М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири. Красноярск: СО АН СССР, 1968. 153 с.
4. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Лесная промышленность. 1986.
5. Чубинский А.Н. Формирование клеевых соединений древесины. СПб.: СПбГУ, 1992. 164 с.
6. Чубинский М.А. Биостойкость древесины лиственницы: автореф. дисс. СПб.: СПбГЛТА, 2003. 16 с.
7. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Брутян К.Г. Совершенствование технологии склеивания фанеры // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. № 179. СПб.: СПбГЛТА, 2007. С. 167–175.
8. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Федяев А.А. Влияние строения и свойств древесины на прочность её склеивания // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. № 190. СПб.: СПбГЛТА, 2010. С. 155–163.
9. Чубинский А.Н., Федяев А.А., Тамби А.А. Влияние плотности древесины на качество формирования клеевых соединений // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. № 195. СПб.: СПбГЛТА, 2011. С. 142–149.
10. Chubinsky A., Sosna L. Properties of laminated veneer lumber from larch / XIV Symposium «Pokroky vo vyrobe a pouzity lepidiel v drevopriemysle». Zvolen: TUZ, 1999. P. 35–38.
11. Chubinsky A., Chubinsky M. Larch in Russia // Russian Forestry Review. N 2. 2007. P. 232–235.
12. Haygreen, J.G. Forest Products and Wood Science 3 / J.G. Haygreen, J.L. Bowyer. Edition Iowa State University Press, US. 1996. ISBN: 0-81382-256-4.
13. Heikkonen, S., Luostarinen, K., Piispa, K. Kiln drying of Siberian Larch (*Larix sibirica*) TIMBER Mikkelin ammattikorkeakoulu A: Tutkimuksia ja raportteja – Research Reports PL 181, 50101 Mikkeli Puhelin (015) 35561.
14. Martinsson Owe, Lesinski Jerzy. Siberian larch forestry and timber in a Scandinavian perspective. JiLU Jamtlands Countu Council institute of Rural Development, 2007. 90 p.
15. Olsson A. Prediction of timber bending strength and in-member cross-sectional stiffness variation on the basis of local wood fibre orientation / A. Olsson, J. Oscarsson, E. Serrano, B. Källsner, M. Johansson, B. Enquist // European Journal of Wood and Wood Products. 2013. Vol. 71 (3). P. 319–333.
16. Polubojarinov O., Chubinsky A., Martinsson O. Decay resistance of Siberian larch wood. Ambio, Vol. 29, № 6, 2000. P. 352–353.
17. Shvelev S., Pavlov N. The influence of permafrost on productivity of Larch *Sibirica*. International conference «Asian ecosystems and their protection» Ulaanbaatar, 1995. P. 53.
18. Soloviev V.A., Chubinsky M. A., Chubinsky A. N., Varankina G. S., Artemenkov A.M. The decay resistance and durability

of wood and wood products from larch (*larix sibirica*) // Микология и фитопатология, Т. 53, № 3, 2019. С. 156–161.

19. Survival, Height Growth and Damages of Siberian (*Larix sibirica* Ledeb.) and Dahurian (*Larix gmelinii* Rupr.) Larch Provenances in Field Trials Located in Southern and Northern Finland / A.J. Lukkarinen, S. Ruotsalainen, T. Nikkanen, H. Peltola // *Silva Fennica*. 2010. Vol. 44 (5). P. 727–747.
20. Temnerud E. Formation and prediction of resin pockets in *Picea abies* (L.) karst. / E. Temnerud. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 1997.

References

1. Bokshchanin Yu.R. Processing and application of larch wood. M.: Forest industry, 1982. 216 p.
2. Gvozdeva E.N., Sharkov V.I. About changes in the chemical composition of Siberian larch (*Larix sibirica*) wood with age // *Khimiya wood*. No. 12. 1972. S. 45–48.
3. Pozdnyakov L.K., Protopopov V.V., Gorbatenko V.M. Biological productivity of forests in Central Siberia. Krasnoyarsk.: SO AN SSSR, 1968. 153 p.
4. Ugolev B.N. Wood science with the basics of forest commodity science. Ed. 2nd revised and add. Moscow: Timber industry. 1986.
5. Chubinsky A.N. Formation of glue joints of wood. SPb.: SPbGU, 1992. 164 p.
6. Chubinsky M.A. Biostability of larch wood. Abstract of dissertation for the degree of candidate of biological sciences. SPb.: SPbGLTA, 2003 16 p.
7. Chubinsky A.N., Varankina G.S., Brutyan K.G. Improvement of plywood gluing technology. Bulletin of the St. Petersburg Forestry Academy, No. 179. SPb.: SPbGLTA, 2007. P. 167–175.
8. Chubinsky A.N., Tambi A.A., Fedyayev A.A. The influence of the structure and properties of wood on the strength of its gluing. Bulletin of the St. Petersburg Forestry Academy, No. 190. SPb.: SPbGLTA, 2010. P. 155–163.
9. Chubinsky A.N., Fedyayev A.A., Tambi A.A. The influence of wood density on the quality of the formation of adhesive joints. Bulletin of the St. Petersburg Forestry Academy, No. 195. SPb.: SPbGLTA, 2011. P. 142–149.
10. Chubinsky A., Sosna L. Properties of laminated veneer lumber from larch. XIV. Symposium «Pokroky vo vyrobe a pouzity lepidiel v drevopriemysle». Zvolen: TUZ, 1999. P. 35–38.
11. Chubinsky A., Chubinsky M. Larch in Russia. Russian Forestry Review, No. 2, 2007. P. 232–235.
12. Haygreen, J. G. Forest Products and Wood Science 3 / J. G. Haygreen, J. L. Bowyer. Edition Iowa State University Press, US. 1996. ISBN: 0-81382-256-4.
13. Heikkonen, S., Luostarinen, K., Piispa, K. Kiln drying of Siberian Larch (*Larix sibirica*) TIMBER Mikkelin ammattikorkeakoulu A: Tutkimuksia ja raportteja - Research Reports PL 181, 50101 Mikkeli Puhelin (015) 35561.
14. Martinsson Owe, Lesinski Jerzy. Siberian larch forestry and timber in a Scandinavian perspective. JiLU Jamtlands Countu Council institute of Rural Development, 2007. 90 p.

15. Olsson, A. Prediction of timber bending strength and in-member cross-sectional stiffness variation on the basis of local wood fiber orientation / A. Olsson, J. Oscarsson, E. Serrano, B. Källsner, M. Johansson, B. Enquist // *European Journal of Wood and Wood Products*. 2013. Vol. 71 (3). P. 319–333.
16. Polubojarinov O., Chubinsky A., Martinsson O. Decay resistance of Siberian larch wood. *Ambio*, vol. 29, No. 6, 2000. P. 352–353.
17. Shvelev S., Pavlov N. The influence of permafrost on productivity of Larch Sibirica. International conference «Asian ecosystems and their protection» Ulaanbaatar, 1995. R. 53.
18. Soloviev V.A., Chubinsky M. A., Chubinsky A. N., Varankina G. S., Artemenkov A.M. The decay resistance and durability of wood and wood products from larch (*Larix sibirica*). *Mycology and phytopathology*, v. 53, No. 3, 2019. P. 156–161.
19. Survival, Height Growth and Damages of Siberian (*Larix sibirica* Ledeb.) And Dahurian (*Larix gmelinii* Rupr.) Larch Provenances in Field Trials Located in Southern and Northern Finland / AJ Lukkarinen, S. Ruotsalainen, T. Nikkanen, H. Peltola // *Silva Fennica*. 2010. Vol. 44 (5). P. 727–747.
20. Temnerud, E Formation and prediction of resin pockets in *Picea abies* (L.) karst. / E. Temnerud. – Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 1997.