

Физические и механические свойства древесины осины, извлечённой из Братского водохранилища

Н.П. Плотников^a, Е.М. Рунова^b, И.Н. Челышева^c

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

^a n-plotnikov@mail.ru, ^b runova0710@mail.ru, ^c irinachelysheva@yandex.ru

^a <https://orcid.org/0000-0001-9729-0806>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-6178-4038>,

^c <https://orcid.org/0000-0003-1017-5149>

Статья поступила 19.01.2026, принята 18.02.2026

В статье приведены результаты исследования физических и механических свойств древесины осины, извлечённой из Братского водохранилища. Каскад гидроэлектростанций на реке Ангаре и создание крупных водохранилищ привело к затоплению огромного количества древесины, которое поступило в результате затопления лесных массивов на корню, в результате обрушения размываемых берегов, а также в результате лесоплава. В составе затопленной древесины оказались все основные лесобразующие породы Восточной Сибири, в частности осина. В результате проведённых исследований установлено, что затопленная древесина осины практически не меняет свой цвет. Базисная плотность затопленной осины меньше величины справочных данных на 14,2 %. Коэффициенты усушки в радиальном направлении больше на 20 %, коэффициент усушки в тангенциальном направлении меньше стандартного значения на 30 %. Снижение коэффициента объёмной усушки говорит о том, что исследуемая затопленная осина может быть отнесена к группе слабоусыхающих пород древесины. Прочностные показатели у испытываемых образцов затопленной древесины осины при скалывании вдоль волокон ниже на 48,1 % в радиальном направлении и на 52,59 % в тангенциальном направлении. Сравнительно меньше приводимых справочных данных прочность при сжатии вдоль волокон на 40,8 %, предел прочности при статическом изгибе меньше на 1,8 %. Результаты исследования позволяют сделать вывод, что в целом физико-механические показатели затопленной древесины уступают показателям свежесрубленной осины, и для их повышения или изменения других специфических свойств затопленная древесина осины может служить объектом модифицирования.

Ключевые слова: водохранилище; затопленная древесина; осина (*Populus tremula* L.); физические свойства; механические свойства; испытания.

Physical and mechanical properties of aspen wood pulled out of the Bratsk Reservoir

N.P. Plotnikov^a, E.M. Runova^b, I.N. Chelysheva^c

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

^a n-plotnikov@mail.ru, ^b runova0710@mail.ru, ^c irinachelysheva@yandex.ru

^a <https://orcid.org/0000-0001-9729-0806>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-6178-4038>,

^c <https://orcid.org/0000-0003-1017-5149>

Received 19.01.2026, accepted 18.02.2026

This article presents the results of a study of the physical and mechanical properties of aspen wood pulled out of the Bratsk Reservoir. The cascade of hydroelectric power plants on the Angara River and the creation of large reservoirs resulted in the inundation of enormous quantities of wood, which was lost through the inundation of standing forests, the collapse of eroded banks, and timber floating. The inundated wood included all the main forest-forming species of Eastern Siberia, particularly aspen. The studies reveal that the inundated aspen wood exhibits virtually no color change. The basic density of the inundated aspen is 14.2 % lower than the reference value. Shrinkage coefficients in the radial direction are 20 % higher, while the tangential shrinkage coefficient is 30 % lower than the standard value. The decrease in the volumetric shrinkage coefficient suggests that the inundated aspen under study can be classified as a low-shrinkage wood species. The strength properties of the submerged aspen wood samples tested when split along the grain are 48.13 % lower in the radial direction and 52.5 % lower in the tangential direction. The compressive strength along the grain is 40.8 % lower than the reference data, and the static bending strength is 1.8 % lower. The results suggest that, overall, the physical and mechanical properties of submerged aspen are inferior to those of freshly cut aspen, and that submerged aspen can be modified to improve these properties or alter other specific properties.

Keywords: reservoir; submerged wood; aspen (*Populus tremula* L.); physical properties; mechanical properties; testing.

Введение. Гидроэлектростанции Ангарского каскада – Братская и Усть-Илимская – проектировались и сооружались в 50–70-е гг., когда просторы Сибири казались бескрайними, богатства – неисчерпаемыми,

а природные ресурсы – общедоступными и бесплатными. Как указывают многие авторы, при заполнении водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада гидроэлектростанций (ГЭС) большое количество заготовленной

древесины, а также растущего леса, было оставлено и не вывезено с территории ложа водохранилищ и оказалось в дальнейшем затоплено в водоёмах. Считается, что в Братском водохранилище было затоплено 12 млн м³ леса, в Усть-Илимском – около 5 млн м³ леса [1–8].

Сотрудники кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов ФГБОУ ВО «Братский государственный университет» довольно длительное время занимаются вопросами заготовки и переработки затопленной в акваториях Братского и Усть-Илимского водохранилищ древесины [1, 6].

Осина (*Populus tremula* L.) как широко распространённая порода нередко оказывается в условиях длительного затопления при формировании водохранилищ при строительстве ГЭС, а также при водном транспорте древесины. Древесина осины после извлечения из воды обладает рядом специфических характеристик. Во-первых, изменение физических свойств. Затопленная древесина осины имеет достаточно высокую равновесную влажность [9–15]. В работах, посвящённых реставрации археологической древесины [9–11], указывается на увеличение макропористости осины в результате биоразрушения; у осины этот процесс протекает быстрее из-за менее плотной структуры и большего содержания легкогидролизуемых полисахаридов.

Большинство источников [9–15] констатируют общее снижение прочности на сжатие вдоль волокон и особенно на статический изгиб у длительно затопленной древесины. Это напрямую коррелирует со степенью биоразрушения (деятельность анаэробных бактерий и грибов) и гидrolитическим распадом структурных компонентов. Падение предела прочности может достигать 30–50 % и более в зависимости от срока и условий затопления.

Цель работы – исследование физико-механических свойств затопленной в Братском водохранилище древесины осины (*Populus tremula* L.).

Методика исследований. Исследование свойств затопленной древесины осины проводилось в 2024–2025 гг. Для исследований были взяты образцы затопленной древесины осины из Братского водохранилища. Извлечённая древесина была первоначально высушена под навесом, затем образцы находились в прохладном проветриваемом помещении. Из просушенной древесины выпиливались образцы согласно требованиям стан-

дартов [16–23]. Были определены наиболее распространённые и значимые физические показатели затопленной древесины осины, в первую очередь, плотность в абсолютно сухом состоянии, а также базисная плотность. Были определены показатели усушки затопленной древесины осины в различных направлениях: радиальном, тангенциальном, а также усушки по объёму. Для испытаний древесины использовалось следующее оборудование: сушильный электрошкаф СНОЛ-3.5; весы лабораторные, эксикатор с гигроскопическим веществом; штангенциркуль с погрешностью измерений не более 0,01 мм, разрывные машины Р-5 и Р-0,5.

Для исследования физических свойств древесины были изготовлены образцы затопленной осины сечением 20 × 20 мм, высота вдоль волокон 30 мм. При изготовлении обязательно соблюдалось условие: годовые слои на торцах должны быть параллельными соответствующей паре граней.

Наиболее важными для древесины, длительное время пролежавшей в воде, являются прочностные свойства. В процессе исследований были определены механические свойства затопленной древесины осины. Проведены испытания на прочность при сжатии вдоль волокон, как наиболее распространённое испытание. Также определены прочностные показатели осины при статическом изгибе и скалывании вдоль волокон. Полученные показатели были пересчитаны на влажность 12 %. Также были определены основные статистические показатели полученных показателей.

Результаты исследований и их обсуждение. На рис. 1 представлены образцы затопленной древесины осины.

Как видно из рис. 1, осина после длительного пребывания в воде практически не изменила свой цвет. Образцы имеют характерный белый цвет с небольшими вкраплениями коричневатого или серого оттенка, вызванные действием древоокрашивающих грибов. Видно, что излом образцов после испытания на статический изгиб имеет зацепистый характер. Это является показателем довольно высокой вязкости древесины осины.

В табл. 1 представлены показатели проведённых испытаний физических свойств затопленной древесины осины в сравнении с данными, приведёнными в справочных таблицах ГСССД [24, 25, 26], а также результаты исследований, проведённые В.П. Корпачёвым [9].

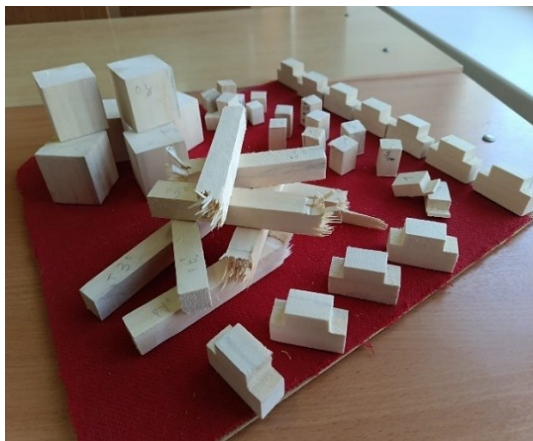


Рис. 1. Образцы затопленной осины для испытания механических свойств древесины

Таблица 1. Сравнительная таблица физических свойств затопленной древесины осины

Показатели	Осина			Относительное отклонение свойств от ГСССД ±%
	Затопленная древесина	В.П. Корпачёв (2012)	Табличные значения показателей ГСССД	
Плотность в абсолютно сухом состоянии, кг/м ³	387,3	–	465	–16,7
Плотность во влажном состоянии, кг/м ³ при влажности 12 %	810,2	–	910	–10,9
Базисная плотность, кг/м ³	351,8	340	410	–14,2
Усушка / Коэффициент усушки по радиальному направлению	4,77/0,18	2,11	4,5/0,15	+6,0/+20,0
Усушка / Коэффициент усушки по тангенциальному направлению	8,50/0,21	3,54	9,0/0,30	–5,6/–30,0
Усушка / Коэффициент объемной усушки	14,5/0,31	5,59	14,1/0,47	–2,8/–34,0

Как видно из результатов исследований, базисная плотность древесины осины, пролежавшей длительной время ниже табличных данных ГСССД [26] на 14,2 % и составляет всего 351,8 кг/м³, но выше данных, приведённых в работе В.П. Корпачева и др. [9] на 3,5 %. Как показывают результаты табл. 1, древесина осины, пролежавшая длительное время в пресной воде, отличается более низким коэффициентом усушки по объёму (на 34,0 % по сравнению с данными ГСССД), что соответствует критериям малоусыхающих пород. Для малоусыхающих пород коэффициент объемной усушки – не более 0,4 %, в нашем случае – 0,31.

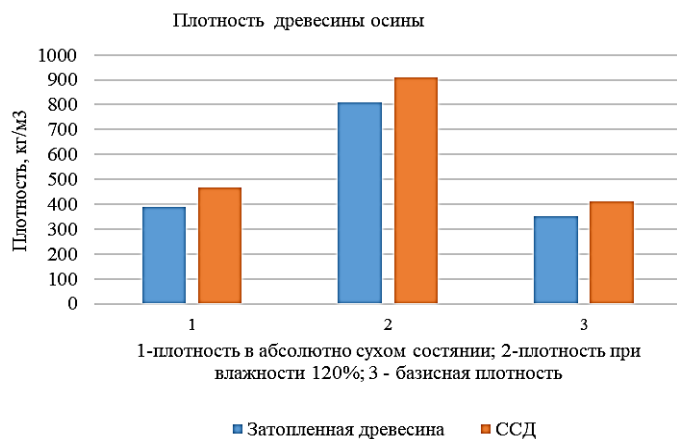
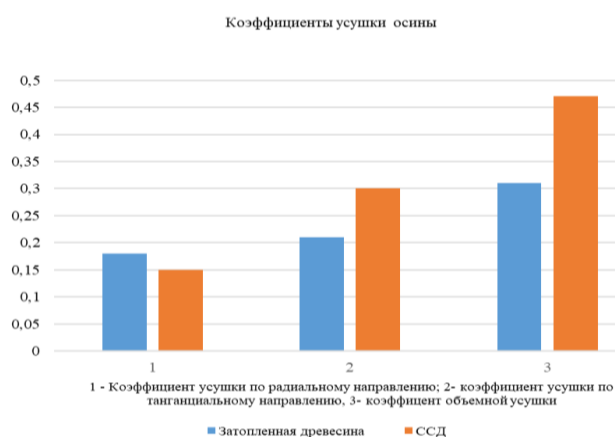
В табл. 2 представлены основные статистические показатели проведённых исследований физических свойств затопленной древесины осины.

На рис. 2 и 3 представлено в графическом виде сравнение физических свойств затопленной древесины и стандартных табличных данных ГСССД для региона Восточной Сибири [26].

Как видно из представленной гистограммы на рис. 2, плотность затопленной древесины осины незначительно меньше, чем табличные данные.

Таблица 2. Результаты статистической обработки проведённых исследований физических свойств затопленной древесины осины

Показатели	Кол-во образцов, шт.	Среднее арифметич. ($\bar{X}_{ср}$)	Ошибка средней арифметич. M_x	σ	C_v , %
Плотность базисная, кг/м ³	37	315,79	1,870	11,374	3,60
Усушка в радиальном направлении	37	4,82	0,309	1,884	39,08
Коэффициент усушки в радиальном направлении	37	0,15	0,003	0,019	12,67
Усушка в тангенциальном направлении	37	8,26	0,281	1,712	20,72
Коэффициент усушки в тангенциальном направлении	37	0,27	0,009	0,057	21,11
Объемная усушка	35	14,38	0,280	1,633	11,36
Коэффициент объемной усушки	35	0,48	0,009	0,055	11,46

**Рис. 2.** Сравнение плотности затопленной древесины осины со стандартными данными**Рис. 3.** Сравнение коэффициентов усушки затопленной древесины со стандартными значениями

Как видно из рис. 3, коэффициенты усушки затопленной древесины в радиальном, тангенциальном направлении и коэффициент усушки по объёму не превышают значения 0,3, что позволяет отнести затопленную древесину к малоусыхающим древесным породам, в то время как стандартный коэффициент усушки по объёму достигает значения 0,47, что относит свежесрубленную древесину осины к сильноусыхающим породам.

Таким образом, древесина осины, пролежавшая в воде длительное время, менее подвержена деформации и короблению по сравнению со свежесрубленной древесиной осины.

Прочностные свойства затопленной древесины осины определялись по следующим показателям: предел прочности на сжатие вдоль волокон, предел прочности при статическом изгибе, предел прочности при скалывании вдоль волокон по плоскости (табл. 3).

Таблица 3. Результаты исследований механических свойств затопленной древесины осины

Показатели	Осина			Относительное отклонение свойств от ГСССД, ±%
	Затопленная древесина	В.П. Корпачев (2012)	ГСССД	
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, при $W = 12\%$, МПа	25,51	24,12	43,1	40,81
Предел прочности при статическом изгибе, при $W = 12\%$, МПа	75,1	11,84	76,5	-1,80
Предел прочности при скалывании вдоль волокон в радиальном направлении, при $W = 12\%$, МПа	3,19	–	6,15	-48,13
Предел прочности при скалывании вдоль волокон в тангенциальном направлении, при $W = 12\%$, МПа	4,16	–	8,42	-50,59

Как известно, древесина свежесрубленной древесины осины не отличается высокими прочностными свойствами, а при нахождении под водой, прочность осины уменьшается. Как показывают результаты исследований, приведённые в табл. 3, предел прочности при сжатии вдоль волокон ниже стандартных данных для условий Восточной Сибири на 40,81 %, но выше результатов, представленных в статье В.П. Корпачева и др. [9] на 5,44 %. Предел прочности при статическом изгибе снизился в затопленной древесине незначительно и составил 75,1 МПа, что ниже стандартных данных всего на 1,80 %. Об этом свидетельствуют и зацепистые образцы древесины после испытаний на статический изгиб (рис. 1). Самое значительное снижение прочностных свойств у затопленной осины произошло при скалывании вдоль волокон в радиальном и тангенциаль-

ном направлениях, соответственно на 48,13 и 50,59 %. Предел прочности при скалывании вдоль волокон в тангенциальном направлении у затопленной древесины осины в 2,02 раза меньше справочных данных [26]. При сравнении полученных результатов исследований с результатами, приведёнными в статье В.П. Корпачева и др. [9], можно сделать выводы, что предел прочности затопленной древесины осины, полученный авторами с данными В.П. Корпачёва и др., отличается незначительно – на 5,8 %, а предел прочности при статическом изгибе в наших исследованиях оказался в 6,34 раза больше, чем в исследованиях В.П. Корпачёва и др. [9].

В табл. 4 приведены результаты статистической обработки полученных результатов определения механических свойств затопленной древесины осины.

Таблица 4. Статистические показатели результатов исследования физических свойств затопленной древесины осины

Показатели	Кол-образцов, шт.	Среднее арифметич. ($\bar{X}_{ср}$)	Ошибка средней арифметич. M_x	σ	$C_v, \%$
Предел прочности на сжатие вдоль волокон затопленной осины при $W = 12\%$, МПа	11	25,57	0,811	2,693	10,53
Предел прочности при статическом изгибе, $\sigma_{изг}$, при влажности 12 %, МПа	6	75,18	2,318	5,680	7,55
Предел прочности при скалывании вдоль волокон в радиальном направлении, при $W = 12\%$, МПа	15	4,04	0,144	0,557	13,79
Предел прочности при скалывании вдоль волокон в тангенциальном направлении, при $W = 12\%$, МПа	10	5,12	0,341	1,077	21,03

По приведённым в табл. 4 данным, можно сделать вывод, что коэффициент вариации полученных исследований находится в пределах 20 %, что доказывает сравнительную однородность полученных материалов.

На рис. 4 представлено в графическом виде сравнение механических свойств затопленной древесины и стандартных табличных данных ГСССД для региона Восточной Сибири [26].

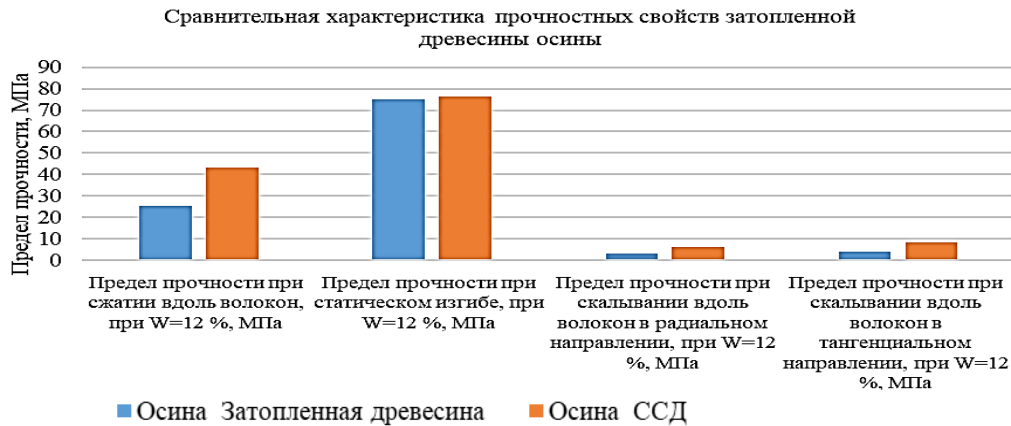


Рис. 4. Сравнительная характеристика прочностных свойств затопленной древесины осины со стандартными данными

Как видно из гистограммы, наибольшее уменьшение прочностных свойств затопленной древесины осины наблюдается при пределе прочности при сжатии вдоль волокон, а также при скалывании вдоль волокон в радиальном и тангенциальном направлении.

Заключение. На основании полученных результатов, можно сделать выводы: плотность затопленной древесины осины при длительном нахождении в пресной воде снижается и составляет всего 351,8 кг/м³, что ниже справочных данных на 14,2 %. Снижение коэффициента объёмной усушки говорит о том, что исследуемая затопленная осина может быть отнесена группе слабоусыхающих пород древесины.

Коэффициент усушки в тангенциальном направлении фактически равен коэффициенту в радиальном направлении, это говорит о том, что древесина затопленной осины обладает формостабильностью.

Как показывают результаты исследований, приведённые в табл. 3, предел прочности при сжатии вдоль волокон ниже стандартных данных для условий Восточной Сибири на 40,81 %, но выше результатов, представленных в статье В.П. Корпачёва и др. [9] на 5,44 %. Предел прочности при статическом изгибе снизился в затопленной древесине незначительно и составил 75,1 МПа, что ниже стандартных данных всего на 1,80 %.

Предел прочности при скалывании вдоль волокон в тангенциальном направлении у затопленной древесины осины в 2,02 раза меньше справочных данных.

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что в целом физико-механические показатели затопленной древесины уступают показателям свежесрубленной осины, и для их повышения или изменения других специфических свойств затопленная древесина осины может служить объектом модифицирования.

Литература

- Угрюмов Б.И., Угрюмова С.Н. Проблема очистки искусственных водоемов от засорения затонувшей древесиной / Братск : БрГУ, 2009 Естествознание и гуманизм». 2006. Том 3. Вып. 3.
- Корпачев В.П., Пережилин А.И., Андрияс А.А. Гайдурков Г.А. Оценка объёмов затопления древесной массы в ложах водохранилищ ГЭС / Фундаментальные исследования. 2013. № 4 (Ч. 2). С. 290–294.
- Пижурич А.А. Основы научных исследований в деревообработке : учебник для вузов / А.А. Пижурич, А.А. Пижурич. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. 305 с. : ил.
- Эксплуатационные свойства композиционных материалов на основе древесины : монография / Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун, И.В. Коцюба. Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. 100 с.
- Ланских А.Ю., Никитина Т.В., Невиницына В.С., Тарбева Н.А. Анализ физико-механических свойств древесины осины и направлений её рационального использования // Студент. Наука. Регион. 2023. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-fiziko-mehaniческих-svoystv-drevesiny-osiny-i-napravleniy-eyo-ratsionalnogo-ispolzovaniya> (дата обращения: 19.12.2025).
- Рунова Е.М., Сергеев А.Д., Иванов В.А. Свойства древесины, затопленной на корню в ложах водохранилищ // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2001. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/svoystva-drevesiny-zatoplennoy-na-kornyu-v-lozhah-vodohranilisch> (дата обращения: 19.12.2025).
- Колосовская Е.А. Физические основы взаимодействия древесины с водой / Е.А. Колосовская, С.Р. Лоскутов, Б.С. Чудинов ; отв. ред. В.А. Баженов; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т леса и древесины им. В.Н. Сукачева. Новосибирск : Наука: Сиб. отд-ние, 1989. 212с.
- Медведева С.А., Командирова Ю.А., Панасенкова Е.Ю. Моделирование экологического ущерба от загрязнения воды Богучанского водохранилища в результате неполной лесосводки на территории Иркутской области // Вестник ИрГТУ. 2015. № 4 (99). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-ekologi-cheskogo-uscherba-ot-zagryazneniya-vody-boguchanskogo-vodohranilisha-v-rezultate-nepolnoy-lesosvodki-na> (дата обращения: 23.12.2025).
- Корпачев В.П., Пережилин А.И., Андрияс А.А., Гайдурков Г.А., Тихненко М.А. Пути использования и вовлечение в производство плавающей древесной массы на акваториях водохранилищ ГЭС Сибири // ХБЗ. 2012. № 3–4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-ispolzovaniya-i-vovlечение-v-proizvodstvo-plavayushey-drevesnoy-massy-na-akvatoriyah-vodohranilisch-ges-sibiri> (дата обращения: 23.12.2025).
- Smith W., Jones D. The Conservation of Archaeological Shipwrecks: Aspects of Deterioration and Preservation of Waterlogged Wood / W. Smith, D. Jones // Journal of Cultural Heritage. 2010. Vol. 11, Issue 2. P. 231–240.
- Ufuk K., Işıl Ö.K. Conservation of waterlogged wood of the yenikap. Shipwrecks, Istanbul-Türkiye // Археология евразийских степей. 2023. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/conservation-of-waterlogged-wood-of-the-yenikap-shipwrecks-istanbul-t-rkiye> (дата обращения: 23.12.2025).

12. Ширнин В.К. Технические свойства древесины сортовых тополей / В.К. Ширнин, А.П. Царёв, И.Я. Казанцев. DOI: 10.15393/j2.art.2001.2311. Текст: электронный // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Петрозаводск, 2001. Вып. 3. С. 109–110. URL: <http://elibrary.petrso.ru/books/53309> (дата обращения: 14.01.2026)
13. Царев А.П. Многообразие использования древесины тополей // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2018. № 5 (365). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoobrazie-ispolzovaniya-drevesiny-topoley> (дата обращения: 14.01.2026).
14. Расев А.И. Проблемы использования топяковой древесины в деревоперерабатывающей промышленности / Строение, свойства и качество древесины. 2004: Труды IV международного симпозиума. 13–16 сент. 2004 – Санкт-Петербург : СПбГЛТА, 2004. 569 с., 2 тома.
15. ГОСТ 16483.0–89. Межгосударственный стандарт. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям: дата введения 1990-07-01
16. ГОСТ 20022.6-93 Защита древесины. Способы пропитки. [Электронный ресурс]: межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. М.: Изд-во стандартов, 1993.
17. ГОСТ 20022.0-93 Защита древесины. Параметры защищенности. [Электронный ресурс]: межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. М. : Изд-во стандартов, 1993.
18. ГОСТ 20022.2-80 Защита древесины. Классификация. [Электронный ресурс]: межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. М. : Изд-во стандартов, 1993.
19. ГОСТ 20022.1-90 Защита древесины. Термины и определения. [Электронный ресурс]: межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. М. : Изд-во стандартов, 1990.
20. ГОСТ 16483.0–78. Древесина. Методы отбора образцов и общие требования при физико-механических испытаниях. Изд-во стандартов, 1986.
21. ГОСТ 16483.3–73. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. Изд-во стандартов, 1986.
22. ГОСТ 16483.10–73. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон. Изд-во стандартов, 1986.
23. Уголев Б.А. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М. : Лесная пром-сть, 2007.
24. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине: справочник / под ред. Б.Н. Уголева. М. : Лесн. пром-сть, 1989. 296 с.
25. Рунова Е.М., Челышева И.Н., Плотников Н.П., Медведева П.А. Особенности усушки затопленной древесины / Актуальные проблемы лесного комплекса / Под общей редакцией Е.А. Памфилова. Сборник науч. трудов по итогам междунар. науч.-техн. конф. Выпуск 62. Брянск : БГИТА, 2022. С. 245–249.
26. ГСССД 69-84 Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов. М. : Изд-во стандартов, 1985. 32 с.
- rin. M. : State Educational Institution of Higher Professional Education MGUL, 2005. 305 p.: ill.
4. Performance properties of wood-based composite materials: monograph / Yu.I. Vetoshkin, I.V. Yatsun, I.V. Kotsyuba. Ekaterinburg : USLTU, 2018. 100 p.
5. Lanskih A.Yu., Nikitina T.V., Nevinityna V.S., Tarbeeva N.A. Analysis of the physical and mechanical properties of aspen wood and directions of its rational use // Student. Science. Region. 2023. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-fiziko-mehaniicheskikh-svoystv-drevesiny-osiny-i-napravleniy-eyo-ratsionalnogo-ispolzovaniya> (Accessed: 19.12.2025).
6. Runova E.M., Sergeev A.D., Ivanov V.A. Properties of standing wood flooded in reservoir beds // Bulletin of the Moscow State Forest University. Forest Bulletin. 2001. No. 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/svoystva-drevesiny-zatoplennoy-na-kornyu-v-lozhah-vodohranilisch> (Accessed: 19.12.2025).
7. Kolosovskaya E.A. Physical principles of wood-water interaction / E.A. Kolosovskaya, S.R. Loskutov, B.S. Chudinov; Ed. V.A. Bazhenov; USSR Academy of Sciences, Siberian Branch, V. N. Sukachev Institute of Forest and Wood. Novosibirsk : Nauka: Siberian Branch, 1989. 212 p.
8. Medvedeva S.A., Komandirova Yu.A., Panasenkova E.Yu. Modeling of environmental damage from water pollution of the Boguchany Reservoir as a result of incomplete forest harvesting in the Irkutsk region // Bulletin of IrSTU. 2015. No. 4 (99). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-ekologicheskogo-uscherba-ot-zagryazneniya-vody-boguchan-skogovodohranilisha-v-rezultate-nepolnoy-lesosvodki-na> (Accessed: 23.12.2025).
9. Korpachev V.P., Perezhilin A.I., Andrias A.A., Gaidukov G.A., Tikhnenko M.A. Ways of using and involving floating wood pulp in the production of hydroelectric power station reservoirs in Siberia // KhBZ. 2012. No. 3–4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-ispolzovaniya-i-voivlechenie-v-proizvodstvo-plavayushey-drevesnoy-massy-na-akvatoriyah-vodohranilisch-ges-sibiri> (access date: 12/23/2025).
10. Smith W., Jones D. The Conservation of Archaeological Shipwrecks: Aspects of Deterioration and Preservation of Waterlogged Wood / W. Smith, D. Jones // Journal of Cultural Heritage. 2010. Vol. 11, Issue 2. P. 231–240.
11. Ufuk K., Işıl O.K. Conservation of waterlogged wood of the yenikap. Shipwrecks, Istanbul-Türkiye // Archaeology of the Eurasian Steppes. 2023. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/conservation-of-waterlogged-wood-of-the-yenikap-shipwrecks-istanbul-t-rkiye> (accessed: 23.12.2025).
12. Shirmin V.K. Technical properties of high-quality poplar wood / V.K. Shirmin, A.P. Tsarev, I.Ya. Kazantsev. DOI: 10.15393/j2.art.2001.2311. Text: electronic // Transactions of the Forest Engineering Faculty of PetrSU. Petrozavodsk, 2001. Issue 3. P. 109–110. URL: <http://elibrary.petrso.ru/books/53309> (date of access: 14.01.2026)
13. Tsarev A.P. Diversity of Poplar Wood Use // News of Higher Education Institutions. Forestry Magazine. 2018. No. 5 (365). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoobrazie-ispolzovaniya-drevesiny-topoley> (date of access: 14.01.2026).
14. Rasev A.I. Problems of Using Driftwood in the Wood Processing Industry / Structure, Properties, and Quality of Wood. 2004: Proceedings of the IV International Symposium. September 13–16, 2004. 2004. Saint Petersburg : SPbGLTA, 2004 569 p., 2 volumes.
15. GOST 16483.0–89. Interstate standard. Wood. General requirements for physical and mechanical testing: date of introduction 1990-07-01
16. GOST 20022.6-93 Wood protection. Impregnation methods. [Electronic resource]: interstate standard / Interstate Technical Committee for Standardization. Moscow : Publishing house of standards, 1993.

References

1. Ugryumov B.I., Ugryumov S.N. "The Problem of Cleaning Artificial Reservoirs from Clogging with Sunken Wood" / Bratsk : BrSU, 2009. Natural Science and Humanism (2006, Vol. 3, Issue 3).
2. Korpachev V.P., Perezhilin A.I., Andrias A.A., Gaidukov G.A. Estimating the Volume of Flooded Wood Pulp in Hydroelectric Power Station Reservoir Beds / Fundamental Research. 2013. No. 4 (Part 2). pp. 290–294
3. Pizhurin, A.A. Fundamentals of Scientific Research in Woodworking: Textbook for Universities / A.A. Pizhurin, A.A. Pizhu-

17. GOST 20022.0-93 Wood protection. Protection parameters. [Electronic resource]: interstate standard / Interstate Technical Committee for Standardization. Moscow : Publishing house of standards, 1993.
18. GOST 20022.2-80 Wood protection. Classification. [Electronic resource]: Interstate standard / Interstate technical committee for standardization. Moscow : Publishing house of standards, 1993.
19. GOST 20022.1-90 Wood protection. Terms and definitions. [Electronic resource]: Interstate standard / Interstate technical committee for standardization. Moscow : Publishing house of standards, 1990.
20. GOST 16483.0–78. Wood. Methods of sampling and general requirements for physical and mechanical testing. Publishing house of standards, 1986.
21. GOST 16483.3–73. Wood. Method for determination of ultimate strength in static bending. Publishing house of standards, 1986.
22. GOST 16483.10–73. Wood. Methods for determination of ultimate strength in compression along the grain. Publishing House of Standards, 1986.
23. Ugolev B.A. Wood scientist with the basics of forest commodity science. Moscow : Lesnaya prom-st, 2007.
24. Borovikov A.M., Ugolev B.N. Wood Handbook : Handbook / edited by B.N. Ugolev. Moscow : Lesnaya prom-st, 1989. 296 p.
25. Runova E.M., Chelysheva I.N., Plotnikov N.P., Medvedeva P.A. Features of shrinkage of flooded wood / Actual problems of the forest complex / Under the general editorship of E.A. Pamfilov. Collection of scientific papers based on the results of the international scientific and technical conference. Issue 62. Bryansk : BGITA, 2022. pp. 245–249
26. GSSSD 69-84 Wood. Indicators of physical and mechanical properties of small clean samples. Moscow : Publishing house of standards, 1985. 32 p.