

Рис. 3. Зависимость энтальпии испарения связанной воды, найденная по результатам ДСК при нагревании древесины от 25 до 200 °С со скоростью 10 °С/мин в атмосфере воздуха: при водосодержании $u \leq 0,05$ (слева) и при $0,05 \leq u \leq 0,11$ г H_2O /г СВ (справа). 1 – дуб; 2 – бук; 3 – граб; 4 – робиния; 5 – липа; 6 – ясень; 7 – клен; 8 – ольха; 9 – осина

Список литературы

1. Лоскутов С. Р. Взаимодействие древесины с физически активными низкомолекулярными веществами. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004. 171 с.
2. Лоскутов С. Р., Анискина А. А., Шапченкова О. А., Тютюкова Е. А. Связанная вода в древесине леосообразующих пород Сибири: термический анализ и сорбция // Сибирский лесной журнал. 2019. № 3. С. 26–32.
3. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник для лесотехн. вузов / Б. Н. Уголев ; М-во образования Рос. Федерации. Моск. гос. ун-т леса. М. : МГУЛ, 2001. 340 с.
4. Oliveira G. H. H., Corrêa P. C., Santos E. S., Treto P. C., Diniz M. D. M. S. Evaluation of thermodynamics properties using GAB model to describe the desorption process cocoa beans // International Journal of Food Science & Technology. 2011. Vol. 46. P. 2077–2084.
5. Rawat S. P. S., Khali D. P. Clustering of water molecules during adsorption of water in wood // Journal of polymer science: Part B: Polymer Physics. 1998. Vol. 36. P. 665–671.
6. Tyutkova E. A., Loskutov S. R., Shashkin A. V., Benkova V. E. Thermal analysis of earlywood and latewood of larch (*Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.) found along the Polar tree line: Correlation of wood destruction values with climatic factors // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2017. Vol. 130 (3). P. 1391–1397.

УДК 691.11

Е. Н. Покровская,

д. т. н., профессор кафедры КБС ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, РФ, elenapokrovskaya@bk.ru

Д. Г. Михалёва,

студентка 3 курса, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, РФ, mikhaleva.dg@gmail.com

УВЕЛИЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ

Тенденции современной строительной индустрии предъявляют высокие требования по надежности и безопасности к древесине как строительному материалу. Особо актуальным становится вопрос увеличения долговечности деревянных конструкций, как для новых зданий и сооружений, так и для памятников деревянного зодчества. Одним из способов достижения увеличения срока службы конструкций из древесины является поверхностное модифицирование полифункциональными защитными составами. Благодаря данному мероприятию обработанный материал борется с проявлением своих негатив-

ных свойств, а именно высокой горючестью, влагопоглощением и подверженностью биоповреждениям. Полифункциональный подход к защите деревянных конструкций помогает обеспечить их долговечность.

Ключевые слова: древесина, огнезащитность, биостойкость, влагостойкость.

E. N. Pokrovskaya,

Doctor of Technical Sciences, Professor of the CSC Department of the National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
elenapokrovskaya@bk.ru

D. G. Mikhaleva,

3rd year student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
mikhaleva.dg@gmail.com

INCREASING THE DURABILITY OF WOODEN STRUCTURES THROUGH THE USE OF MULTIFUNCTIONAL COMPOSITIONS

The trends of the modern construction industry place high demands on the reliability and safety of wood as a building material. Particularly relevant is the issue of increasing the durability of wooden structures, both for new buildings and structures, and for monuments of wooden architecture. One of the ways to achieve an increase in the service life of wood structures is surface modification with multifunctional protective compounds. Thanks to this event, the processed material fights the manifestation of its negative properties, namely, high flammability, moisture absorption and exposure to biological damage. A multifunctional approach to the protection of wooden structures helps to ensure their durability.

Keywords: wood, fire resistance, biostability, moisture resistance.

Применение и использование древесины как строительного материала является наиболее перспективным направлением в современном строительстве. Это связано с рядом уникальных свойств древесины, в том числе, ее высокой экологичностью.

Сегодня одной из важнейших задач является увеличение срока службы деревянных конструкций как для новых зданий и сооружений, так и для памятников деревянного зодчества. С этой целью разработан метод мягкого поверхностного модифицирования, который в зависимости от модификаторов создает полифункциональную защиту образца, то есть предаёт огне-, био-, влагозащитные характеристики [1].

В данной работе, в качестве основы для комплексной защиты древесины рассмотрен метод фосилирования. За счет многослойной обработки составами диметилфосфита и полиуретанового лака с наноразмерными частицами бентонита увеличивается прочность древесины и ее огнезащитность (табл. 1) [2].

Помимо этого, в ходе исследования было установлено, что под влиянием ФОС распространения пламени по поверхности полностью прекращается, уменьшается время самостоятельного горения и тления образцов древесины и, как следствие, снижается индекс РП. Результаты испытания представлены на рис. 1 и в табл. 2 [3].

Таблица 1

Результаты испытания по ГОСТ 16363–98

Состав	Масса образца древесины, г		Потеря массы	
	перед сжиганием	после сжигания	г	%
ДМФ 40 % водный раствор + лак ПУ с 5 % содержанием бентонита	133,37	121,5	11,86	8,9
ДМФ 40 % водный раствор + лак ПУ с 10 % содержанием бентонита	119,61	106,21	13,39	11,2
ДМФ 10 % водный раствор + лак ПУ с 5 % содержанием бентонита	151,42	126,73	24,68	16,3

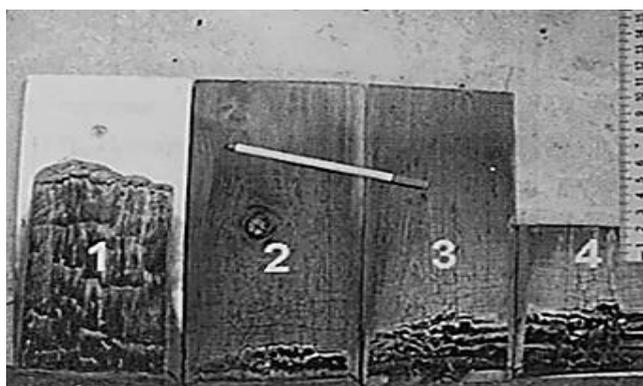


Рис. 1. Образцы древесины, обработанные составами ФОС

Результаты испытаний обработанных образцов древесины

Огнезащитный состав	Прохождение пламенем начального участка (30 мм)		Прирост температуры продуктов сгорания, °С	Повреждение образца по длине, мм	Индекс РП
	Время, с	Скорость, мм/с			
Древесина	8	3,125	40	300	60
ДМФ 10 %	275	0,09	16	45	1,5
ДМФ 20 %	210	0,12	15	50	2,3
ДМФ 40 %	265	0,09	22	60	3,7
ДМФ 40 % + ПЭГС 5 %	280	0,09	15	45	1,2

Одной из важнейших характеристик, увеличивающих долговечность деревянных конструкций, является влагопоглощение. При обработке образцов древесины фосфорорганическими соединениями достигается снижение водопоглощения в 1,5–2 раза, что благополучно влияет на увеличение биостойкости материала. На рис. 2 представлен график влагопоглощения образцами обработанной древесины различными составами ФОС [4].

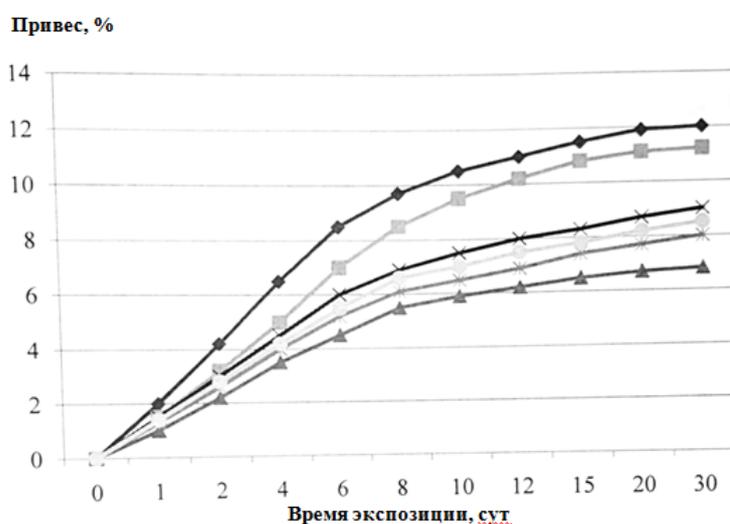


Рис. 2. Влагопоглощение образцами обработанной древесины:

1 – исходный; 2 – ДМФ; 3 – ДМФ + ПЭГС; 4 – ДМФ + ПМС; 5 – ДМФ + ПФМС; 6 – ДМФ + ПМТ ФПС

Древесина, как органический материал, сильно подвержена разрушениям под действием биологических агентов. Особенно серьезную опасность это представляет для памятников деревянного зодчества. Так, в таблице 3 представлены результаты исследования проб древесины с Никольской церкви в с. Лявля [5].

После обработки древесины ФОС, микологическим исследованием установлено снижение и полное прекращение жизнедеятельности биоагентов на поверхности образца (табл. 4).

Таблица 3

Исследование проб древесины

№	Место отбора пробы	Микроорганизмы (МО), обнаруженные в пробе		Кол-во ЖС на 1 см ²	Концентрация МО в 1 г пробы (общее кол-во)
		Среда Чапека	Среда Тиллера		
1	С. Лявля. Церковь Никольская из с. Лявля. Проба № 15, северный фасад алтаря снаружи 3-й венец. Порошкообразное разрушение	Aspergillus niger; Penicilliumchrysogenum; Mucorpusillus; Antrodiasinuosa	Penicillum; Aspergillus дрожжи Candida; бактерии Pseudomonas	130	3·10 ⁶ КОЕ
3	С. Лявля. Церковь Никольская из с. Лявля. Проба № 17, стена северного фасада изнутри. Порошкообразное разрушение внутри древесины	Penicilliumcyaneofulvum; Fusarium; Cladosporiumherbarum; Aspergillus niger; Stemphyliumversuculosum	Penicillum; Fusarium дрожжи Candida; Lipomices; Actinomyces. бактерии Pseudomonas	108	4·10 ⁵ КОЕ

Микологическое исследование обработанной древесины

Описание образца	Лабораторные испытания	
	Балл	Описание
Исходная древесина	5	85 % поверхности заросло грибами
ДМФ 20 %	0	Визуально и под микроскопом спор не обнаружено
ДМФ 40 %	0	Визуально и под микроскопом спор не обнаружено
ДМФ + лак ПУ с 5 % содержанием бентонита	0	Визуально и под микроскопом спор не обнаружено

Достижение огне-, био-, водостойкости древесины обеспечивают полифункциональную защиту конструкций, благодаря чему, сегодня становится возможным сохранить и продлить срок службы многих деревянных конструкций.

Список литературы

1. Покровская Е. Н., Кобелев А. А., Сивенков А. Б., Серков Б. Б. Огнезащита древесины на современном этапе // Вестник Академии государственной противопожарной службы. М. : Академия ГПС МЧС РФ, 2007. № 7. С. 76–85.
2. Чистов И. Н., Покровская Е. Н. Увеличение долговечности древесины с помощью нанодисперсий полиуретана // Сб. трудов «Строительство – среда жизнедеятельности». М., 2010. С. 593–595.
3. Покровская Е. Н., Чистов И. Н., Шепталин Р. А. Сэндвичевые покрытия по древесине с использованием нанокompозитов // Строительные материалы. 2010. № 7. С. 78–81.
4. Покровская Е. Н., Кобелев А. А. Механизм и эффективность огнезащиты фосфоркремнийорганических систем для древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2009. Т. 18. № 3. С. 44–48.
5. Покровская Е. Н., Кобелев А. А. Влияние элементоорганических соединений на увеличение долговечности древесных материалов. М. : РАН, 2007. Т. 2. С. 306.

УДК 630*811.2

Е. М. Рунова,

д. с.-х. н., профессор базовой кафедры ВиПЛР, ФБГОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск, РФ
runova0710@mail.ru

И. А. Гарус,

к. т. н., и. о. зав. базовой кафедрой ВиПЛР, ФБГОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск, РФ
ivan-garus@yandex.ru

ОЦЕНКА СВОЙСТВ СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

*Исследованы свойства стволковой древесины с использованием малоинвазивных эксперсс-методов деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях городской среды, характеризующейся повышенным уровнем загрязнения атмосферы и рекреационных нагрузок. Заложено 8 пробных площадей. На пробных площадях проведено обследование модельных деревьев с использованием прибора Resistograph®. Установлено, что деревья, включенные в городскую среду в 60 годах прошлого столетия в настоящее время имеют возраст от 90 до 147 лет, ширина годичного слоя в условиях низкой полноты значительно больше, чем у фоновых деревьев и составляет от 1,65 до 2,69 мм. Относительная плотность деревьев, определяемая прибором Resistograph® в среднем составляет от 13,3 до 18,7 %, поскольку практически все обследованные деревья имеют начальную или развитую стадию стволковой гнили от 14,1 до 45,4 % от диаметра ствола, что позволяет отнести деревья к опасным или аварийным, требующим постепенной замены на более молодые деревья.*

Ключевые слова: городские насаждения, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), стволковая древесина, ширина годичного слоя, процент стволковой гнили, аварийные деревья.

E. M. Runova,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the basic Department of Reproduction and Processing of Forest Resources, Bratsk State University, Bratsk, RF
runova0710@mail.ru

I. A. Garus,

Candidate of Technical Sciences, Acting Head basic Department of Reproduction and Processing of Forest resources, Bratsk State University, Bratsk, RF
ivan-garus@yandex.ru

ESTIMATION OF THE STEMWOOD PROPERTIES OF SCALPINE PINE USING NON-DESTRUCTIVE CONTROL METHODS