

1950s; it finally received its greatest development in the 1970s and 1990s. With the creation of a number of branches of regional museums and historical and cultural reserves based on unique archaeological monuments preserved in situ. In the early 2000s, the implementation of museumification projects that have already become traditional continued, and in the last 10 years there has been a reorientation towards creating models of prehistoric and medieval settlements performing a recreational function.

УДК 674.048:069.02:908(476.7)

Исследование долговечности археологической древесины, обработанной защитными составами

Леонович Олег Константинович

Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств УО «Белорусский государственный технологический университет»

(г. Минск, Республика Беларусь)

Мазало Надежда Александровна

Заведующая научно-исследовательской лабораторией огнезащиты строительных конструкций и материалов УО «Белорусский государственный технологический университет»

(г. Минск, Республика Беларусь)

Белорусский государственный технологический университет начиная с 1970 годов и до настоящего времени выполнил ряд теоретических и практических работ на объектах филиала «Археологический музей «Берестье» УК «Брестский областной краеведческий музей». Археологический музей «Берестье» – единственный в Европе объект деревянного зодчества в градостроении XIII века, сохранившийся до наших дней со столь давних времен.

После археологических раскопок возникла необходимость сохранения археологической древесины в строениях городища.

Археологическая древесина гигроскопична и обладает свойствами поглощать и отдавать воду и занимать определенную влажность в соответствии с условиями окружающей среды.

Попадая в неблагоприятные условия эксплуатации, древесина может быть подвергнута поражению живыми организмами: бактериями, деревокрашивающими, дереворазрушающими грибами, насекомыми, моллюсками, техническими вредителями, древоточцами [1,3].

Целью исследования является определение сроков сохранения архео-

логической древесины, пропитанной различными защитными средствами, в условиях постоянной высокой влажности окружающей среды.

Для определения состояния археологической древесины и экологической безопасности применяемых защитных средств исследовано водопоглощение, разбухание, физико-механические свойства археологической древесины в сравнении с модифицированной, обработанной различными защитными составами и натуральной древесиной, а также проведены исследования в климатической камере по моделированию процесса сохранности защищенной археологической древесины различными способами и средствами, в том числе и от технических вредителей.

Исследованию подвергались образцы древесины строений археологического музея «Берестье» ранее модифицированной фенолоспиртами с этиленгликолем, через 30 лет огне-биозащитным средством СПАД-10, через 5 лет – биозащитным составом «Бохемит» и через 3 года дважды биоцидным средством для древесины «Антижук».

Последние защитные мероприятия строений археологического музея «Берестье» проводились с целью сохранения устойчивости к дереворазрушающим грибам и уничтожения технических вредителей древесины, которые активизируются в весенне-летний период и откладывают яйца непосредственно на поверхности археологических строений, в последующие периоды личинки древоточцев проникают вглубь археологической древесины, растачивают археологическую древесину и снижают ее прочность.

Технические вредители погибают при температурах выше 80 °С, а при низких температурах от -20 до 0 °С только замедляют свою деятельность.

В работе исследовано водопоглощение археологической древесины в сравнении с обработанной различными защитными составами и натуральной древесиной. Результаты исследований по поглощению дистиллированной воды археологической древесиной и археологической древесиной, пропитанной различными средствами в зависимости от времени выдержки приведены в таблице 1.

Испытываемые образцы высушивались до абсолютно сухого состояния, взвешивались на электронных весах в начальном состоянии и далее после выдержки в дистиллированной воде по истечении 15–1440 минут. Изменение веса и процентное поглощение влаги во времени заносились в таблицу 1.

В результате исследований установлено, что археологическая древесина, взятая из центральной части бревна и не подвергнутая защитной обработке в течение 60 мин поглотила 435 % влаги, археологическая древесина, модифицированная фенолоспиртами – 63,8%. Археологическая древесина, пропитанная фенолоспиртами с последующей обработкой огнезащитным составом СПАД-0, биозащитным составом Бохемит и биоцидным средством «Антижук» – 22 %. Для сравнения натуральная древесина сосны поглотила за 60 минут – 44% воды дистиллированной.

Археологічная дрэвесіна, прапітанная толькі біоцыдным сродкам «Антижук» за 60 хвілін паглотыла вільгаці 94,8%.

Археологічная дрэвесіна ў цэнтры брэвен здольна паглотыць вільгаці ў дзясяткі разоў больш, чым мадыфіцыраваная дрэвесіна з дадатковымі апрацоўкамі абарончымі саставамі.

Улічваючы, што мадыфіцыраванне дрэвесіны праведзена ў асноўным у забалонным сляе, т. ё на глыбіню 20–30 мм, унутраная частка брэвен з'яўляецца найбольш уязваймай для вільгапоглотыня.

Фізіка-механічныя ўласцівасці археалагічнай дрэвесіны ў залежнасці ад ступені дэградацыі прыведзены ў тabelle 2.

У залежнасці ад становішча дрэвесіны яе фізіка-механічныя ўласцівасці зніжаюцца ў 6–10 разоў.

Непрапітанная археалагічная дрэвесіна адносіцца да 3 ступені дэградацыі і мае адпаведныя механічныя паказателі, указаныя ў тabelle 2.

Археалагічная дрэвесіна, мадыфіцыраваная фенолоспіртамі і прапітанная дадатковым агнезабарончым сродкам СПАД-10, біоабарончым саставам «Бокеміт» і біоцыдным сродкам «Антижук», адносіцца да другой ступені дэградацыі з адпаведнымі паказателемі фізіка-механічных уласцівасцей. Прымеж прыгнутасці непітаннай археалагічнай дрэвесіны складае 10–15%, мадыфіцыраванай і прапітанай абарончымі саставамі – 50% ад прыгнутасці натуральнай дрэвесіны сосны. Умовны прымеж прысцісці папярэц волокнаў у радыяльным напрамку адпаведна складае ў непітаннай археалагічнай дрэвесіны 35%, мадыфіцыраванай і прапітанай абарончымі саставамі – 52% ад прыгнутасці натуральнай дрэвесіны. Прымеж прысцісці ўздоўж волокнаў непітаннай дрэвесіны складае – 25%, мадыфіцыраванай і прапітанай абарончымі сродкамі 40% ад прыгнутасці натуральнай дрэвесіны сосны.

Для аналізу характара і велічыні разбухання праведзены дадатковыя даследаванні. Вынікі занесены ў тabelle 3.

Па выніках аналізу разбухання археалагічнай і прапітанай археалагічнай дрэвесіны відаць, што непітанная археалагічная дрэвесіна, знаходзяцца ў цэнтры брэвна, мае працэнт разбухання на 30–40% больш, чым знешняя абалочка, мадыфіцыраваная фенолоспіртамі і ўмацаваная дадатковымі рознымі абарончымі саставамі, што выклікае частковае растрэсківанне археалагічнай дрэвесіны.

Выкарыстанне абарончых саставаў паверхнявай прапіткі некалькі зніжае гэту розніцу. Акрамя гэтага, абарончыя сродкі выконваюць функцыю гідрафобізатараў і запавольваюць пранікненне вільгаці ў унутраныя сляы археалагічнай дрэвесіны.

Пачты ў ўсіх водарастворымых кампазіцыях актывным антысептычным інгредыентам з'яўляюцца прадукты О, N, S-содержащих ге-

тероциклов: 1,2-изотиазолинона-3, бензимидазола, бензтиазола и др. Синергетический эффект достигается путем их комплексования с солями меди. К разряду таковых относится продукт лидирующего производителя антисептиков в мире Arch Timber – Tanalith E 3492. Tanalith E 3492 – защитное средство, образующее после пропитки в древесине в течение 48 часов нерастворимый в воде комплекс. Антисептик предназначен для пропитки древесины, контактирующей с почвой. Для защиты древесины археологической от биоразрушения и древоточцев используются защитные составы, содержащие в своей основе перетроидов, которые наиболее эффективно защищают древесину от технических вредителей. В Республике Беларусь большое распространение получило средство биоцидное для защиты древесины «Антижук».

Для определения долговечности пропитанной древесины, класса условий службы изделия и требуемого поглощения антисептика в условиях Беларуси предлагается ускоренная методика определения устойчивости к старению защитных средств для древесины [4]. Сущность методики заключается в проведении циклические испытания образцов с целью ускоренного старения.

Пропитку образцов защитными составами, производили на лабораторной установке способом вакуум-давление-вакуум, что позволило достичь сквозной пропитки древесины. Концентрацию пропиточных растворов варьировали для получения требуемого поглощения.

Партию образцов археологической древесины пропитывали кистью до нанесения на поверхность биоцидного средства «Антижук» – 500 г/м².

По окончании пропитки образцы археологической древесины вынимали из пропиточного сосуда, их поверхность осушали фильтровальной бумагой, подсушивали и кондиционировали 2 суток при температуре (22±2) 0С и относительной влажности воздуха (65±5) %.

Далее образцы помещали в климатическую камеру и выдерживали последовательно в следующих условиях:

Таблица 4. Циклы испытаний

Номера циклов	Температура, °С	Влажность, %	Время выдержки в климаткамере образцов, находящихся в дистиллированной воде, ч
1	(40±2)	(97±3) %	6
2	(20±2)	(97±3) %	2
3	минус (32±3)	(80±1) %	3
4	(60±2)	(80±1) %	7
5	(20±2)	(80±1) %	6

После каждого цикла дистиллированную воду меняли.

Циклические испытания образцов с биоцидным средством для древесины «Антижук», Tanalith E 3492 и фенолоспирты проводились в климатотермокамере КТК 800. Восемь циклов испытаний соответствуют одному году эксплуатации.

Климатотермокамера КТК 800 представляет собой испытательную камеру для материалов, в которой можно испытывать объекты в диапазоне температур от + 90 до - 70°C и при относительных влажностях от 10 % до почти 100 % в диапазоне температур от + 10 до + 60°C.

После старения проводились испытания по определению защищающей способности против дереворазрушающих грибов по МВИ ХХХ.001-2003.и EN46.

Таблица 1 – Поглощения дистиллированной воды археологической древесиной и археологической древесины, пропитанной различными средствами в зависимости от времени выдержки

Испытываемые образцы	Плотность, кг/м ³	Поглощение воды образцами в г и % при времени выдержки, мин.				Поглощение воды после 12 ч. сушки образцов в естественных условиях, в г и %, при времени выдержки, мин.						
		0	15	30	60	0	60	120	240	360	480	1440
Археол. древесина необработанная	163	2,3 1 0	11,3 8 381	11,9 4 416	12,3 7 435	9,0 0 290	11,2 1 385	11,6 3 403	11,7 3 408	11, 9 415	12,0 6 419	12,6 8 446
Археол.др-на модиф. фенолоспиртами	284	4,3 2 0	6,22 44	6,64 53,7	7,08 63,8	5,2 5 21, 5	7,01 62,3	7,25 67,8	7,47 72,9	7,5 6 75	7,6 76	8,23 90,5
Арх.др-на пропитанная фенолоспиртами, СПАД-10, «Бохемит», «Антижук»	254	3,9 0	4,57 17	4,68 20	4,76 22	4,1 7 7	4,87 25	5,06 29,7	5,2 33	5,2 7 35, 1	5,32 36,4	5,77 48
Натуральная древесина сосны	454	5,2 9 0	7,02 32,7	7,34 38,8	7,62 44	6,2 7 18, 5	7,95 33,5	8,23 55,6	8,3 57	8,3 5 58	8,42 59	8,8 66
Археол.др-на пропитанная «Антижук»	170	-	-	-	-	3,0 8 20	6,00 94,8	6,06 96,8	6,52 112	6,6 5 116	6,7 117, 5	7,2 133

Таблица 2 – Физико-механические свойства археологической древесины в зависимости от степени деградации

Степень деградации	Физические свойства							Механические свойства			
	Твердость, МПа	Влажность максим., %	Усушка объемная, %	Усушка вдоль волокон, %	Усушка в радиальном направ., %	Усушка в тангенциальном направ., %	Точки насыщения, %	Предел прочн. при сжатии вдоль вол.	Условный предел прочн. при сжатии поперек волоки		Условный предел прочн. при изгибе, МПа
									В тангенц. напр. МПа	В радиал. напр. МПа	
0-20	3,5 13	150 234	10,1 0,3	0,1 0,3	2,3 0,3	6,17 0,17	29	43 25	3,28 1,98	1,90 1,64	88 45
21-40	13,5 23,0	210 235	12,7 0,4	0,55 0,16	3,9 0,2	5,9 0,6	32	17 8	2,00 0,88	1,6 0,96	28 17
41-60	23,5 45,0	321 480	15,4 1,4	2,2 0,4	3,2 0,27	7,25 0,4	37	11 5	1,08 0,6	0,98 0,6	9,2 0,74
Более 61	45,5 и выше	481 700	30 0,8	5,2 0,8	3,65 0,4	0,7	43	6 1	0,58 0,3	0,52 0,3	1,29 0,35

Таблица 3 – Разбухание археологической древесины в зависимости от обработки различными защитными составами

Испытываемые образцы	Плотность, кг/м ³	Поглощение воды образцами в г и % разбухания при времени выдержки, мин.			
		0	15	30	60
Археол.древесина необработанная	163	2,31	11,38	11,94	12,37
		0	3,2	3,5	3,5
Археол. др-на модиф. фенолоспиртами	284	4,32	6,22	6,64	7,08
		0	2,6	2,7	2,7
Арх.др-на пропитанная фенолоспиртами, СПАД-10, «Бокемит», «Антижук»	254	3,9	4,57	4,68	4,76
		0	2,3	2,5	2,5
Натуральная древесина сосны	454	5,29	7,02	7,34	7,62
		0	1,5	1,6	1,6

Сущность метода определения защищающей способности антисептика состоит в измерении ширины зоны обрастания агарового блока мицелием гриба на образцах древесины, пропитанных защитным средством и установлении ингибирующего эффекта защитного средства по формулам:

$$X_{cp} = \sum X_i / n \tag{1}$$

где n – количество параллельных опытов для образцов, содержащих одинаковую концентрацию защитного средства; X_i – средняя ширина зоны разрастания в i-той чашке.

$$ИЭ = (1 - X_{cp,пр} / X_{cp,0}) \cdot 100\%, \tag{2}$$

где $X_{cp,пр}$ – ширина зоны обрастания на образцах древесины, пропитанных защитным средством данной концентрации, мм; $X_{cp,0}$ – ширина зоны обрастания на непропитанных образцах, мм.

Метод основан на способности защитных средств, введенных в состав образцов древесины, ингибировать рост тест-культур гриба, в результате чего ширина зоны обрастания агарового блока мицелием гриба на шпоне обратно пропорциональна эффективности защитного средства и его концентрации в древесине.

Для определения продолжительности эксплуатации в зависимости от сохранности свойств пропиточных составов после циклических испытаний были взяты образцы археологической древесины испытаны согласно вышеизложенной методике по отношению к дереворазрушающим грибам и техническим вредителям.

Исследования устойчивости защитных средств от технических вредителей велись по методике EN 46.

Результаты испытания отражены на диаграммах (Рисунки 1-2)

По результатам исследований видно, что средство Антижук сохраняет защитные свойства по отношению к дереворазрушающим грибам в течении 4 лет при глубокой пропитке и 2 года при поверхностной после циклических испытаний археологической древесины в камере.

Анализируя результаты испытания продолжительности защитных свойств археологической древесины по отношению к техническим вредителям необходимо отметить, что средство «Антижук» сохраняет свои защитные свойства по отношению к техническим вредителям в течение 2 лет при глубокой пропитке и 1 года при поверхностной.



Рисунок 1. Продолжительность сохранения защитных свойств археологической древесины по отношению к дереворазрушающим грибам при поглощении 80-90 кг/м³ защитных средств после циклических испытаний

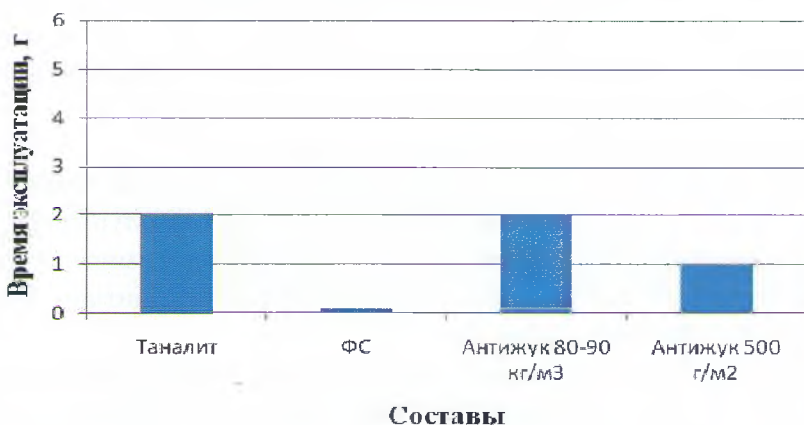


Рисунок 2. Продолжительность сохранения защитных свойств археологической древесины по отношению к техническим вредителям при поглощении 80-90 кг/м³ защитных средств после циклических испытаний

Заключение

Установлены основные физико-механические показатели археологической древесины построек археологического музея «Берестье». Археологическая древесина построек археологического музея «Берестье» относится ко второй – третьей степени деградации с потерей прочностных свойств на 4-60 %.

Определена высокая степень воздействия на личинки усача домового (*Hylotrupes bajulus*) EN 46-1 средства биоцидного для древесины «Антижук».

В результате проведенных исследований по долговечности установлено, что требуемое поглощение биозащитного средства «Антижук» для биозащиты сроком на 4 года и защиты от древоточцев на 2 года составляет 80–90 кг/м³. При поверхностной пропитке и нанесении 500 г/м² достигает продолжительность защиты от дереворазрушающих грибов на протяжении 2 лет и защиты от древоточцев 1 год.

Наиболее приемлемые способы обработки по ГОСТ 20022.9-76 с точки зрения экологической безопасности и достаточности защитного средства для уничтожения личинок, куколок и жуков технических вредителей.

Для сохранения строений археологического музея «Берестье» необходимы кардинальные меры по подъему строений на бетонированное, гидроизолированное от грунтовых вод основание и соблюдение температурно-влажностных параметров среды в помещении в соответствии с требованиями для хранения музеефицированных ценностей.

Литература

1. Леонович О. К. Биоогнезащита древесины составами на основе бишофита с образованием труднорастворимых комплексов // Труды БГТУ. Сер. II Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 273–275;
2. Леонович О. К., Федосенко И. Г. Оценка характеристик и состояния древесины в конструкциях дома XVIII–XIX веков Лошицкого усадебно-паркового комплекса // Труды БГТУ. Сер. II Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 264–267;
3. Леонович О. К., Божелко И. К. Определение поражения древесины различными видами грибов путем выделения ДНК и сравнения их с ДНК-маркерами// Труды БГТУ. Сер. II Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 190–193;
4. Божелко И. К., Леонович О. К. Определение долговечности защитных средств для древесины, эксплуатируемой в тяжелых условиях// Труды БГТУ. Сер. II Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2011. – Вып. XIX. – С. 200–203.

Резюме

Сохранение, реставрация и восстановление архитектурных памятников – одна из важнейших задач по сохранению исторического наследия нашего народа, преемственности поколений и их культур, активизации въездного туризма.

В работе исследовано влияние окружающей среды на прочность археологической древесины, а также модифицированной археологической древесины в том числе с последующей поверхностной обработкой огне-биозащитными средствами на объектах «Археологического музея «Берестье» УК «Брестский областной краеведческий музей». Предложено методом моделирования условий эксплуатации в климаткамере определять период устойчивого сохранения защиты археологической древесины. Установлены периоды последующих защитных мероприятий для археологических строений.

Abstracts

The preservation, restoration and reconstruction of architectural monuments is one of the most important tasks to preserve the historical heritage of our people, the continuity of generations and their cultures, and the activation of inbound tourism.

The work investigated the influence of the environment on the strength of archaeological wood, as well as modified archaeological wood, including with subsequent surface treatment with fire-bio-protective agents at the objects of the Berestye Archaeological Museum of the Brest Regional Museum of Local Lore. It is proposed to define a meta-house of modeling of operating conditions in a climatic chamber to determine a period of sustainable preservation of protection of archaeological wood. Periods of subsequent protective measures for archaeological buildings have been established.