

УДК 674.048

О. К. Леонович, Н. А. Мазало

Белорусский государственный технологический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ,
ПРОПИТАННОЙ ВОДОРАСТВОРИМЫМИ И МАСЛЯНЫМИ СРЕДСТВАМИ,
В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СЛУЖБЫ**

В статье разработана методика ускоренного старения древесины в климатической камере, моделирующая условия эксплуатации в определенных классах условий службы древесины, пропитанной защитными средствами с подтверждением сохранения защитных свойств по отношению к плесневым, деревоокрашивающим и дереворазрушающим грибам. Предложена программа по имитации в лабораторных условиях XIV–XVIII классов службы древесины согласно ГОСТ 20022.2–2018. Показано, что в этих условиях наиболее эффективным защитным средством по отношению к плесневым, деревоокрашивающим и дереворазрушающим грибам является сланцевое масло. Однако в сланцевом масле содержится ряд токсичных веществ с неприятным запахом.

Установлено, что водорастворимое неорганическое средство на основе медных триазолов в XV, XVII и XVIII (тропический климат) классах службы по защищающей способности классифицировано как эффективное, в XVI и XVIII (субтропический климат) – неэффективное.

Защитное водорастворимое неорганическое средство на основе медных триазолов и содержащее аммонийные группы в XV–XVIII классах службы по защищающей способности, согласно результатам испытаний, классифицировано как эффективное. Подтверждена долговечность древесины, пропитанной защитными средствами после 64 циклов испытаний в климатической камере, соответствующая 8-летнему сроку эксплуатации.

Ключевые слова: древесина, антисептики, биостойкость, состав, климатология.

Для цитирования: Леонович О. К., Мазало Н. А. Исследование долговечности древесины, пропитанной водорастворимыми и масляными средствами, в различных условиях службы // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021, № 2 (246). С. 290–297.

O. K. Leonovich, N. A. Mazalo

Belarusian State Technological University

**RESEARCH OF THE DURABILITY OF WOOD IMPREGNATED
WITH WATER-SOLUBLE AND OILY PRODUCTS IN VARIOUS CONDITIONS OF SERVICES**

The article developed a technique for accelerated aging of wood in a climatic chamber, which simulates the operating conditions in certain classes of service conditions of wood impregnated with protective agents with confirmation of the preservation of protective properties in relation to mold, wood-coloring and wood-destroying fungi. A program for imitation in laboratory conditions of XIV–XVIII classes of wood service in accordance with GOST 20022.2–2018 has been proposed. It has been shown that under these conditions, the most effective protective agent against mold, wood-coloring and wood-destroying fungi is shale oil. However, shale oil contains a number of toxic substances with an unpleasant odor.

It has been established that a water-soluble inorganic agent based on copper triazoles in the XV, XVII and XVIII (tropical climate) service classes according to the protective ability is classified as effective, in the XVI and XVIII (subtropical climate) – ineffective.

A protective water-soluble inorganic agent based on copper triazoles and containing ammonium groups in the XV–XVIII service classes in terms of protective ability, according to test results, is classified as effective. The durability of wood impregnated with protective agents has been confirmed after 64 test cycles in a climatic chamber, corresponding to an 8-year service life.

Key words: wood, antiseptics, biostability, composition, climatology.

For citation: Leonovich O. K., Mazalo N. A. Research of durability of wood impregnated with water-soluble and oily products in various conditions of services. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing Renewable Resources*, 2021, no. 2 (246). pp. 290–297 (In Russian).

Введение. Древесина – натуральный экологический строительный материал, обладающий рядом положительных качеств – легкий, прочный,

хорошо проводит тепло, выдерживает статические и динамические нагрузки, легко поддается механической обработке. Однако как строительный

материал древесины обладает и недостатками. Как естественный объект, она подвержена воздействию не только физических и химических, но и биологических факторов.

Основной причиной разрушения древесины является ее поражение плесневыми, деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами (в средних широтах на долю поражений грибами приходится около 90% всех биоповреждений древесины). Древесина, как натуральный объект, богатый питательными веществами, такими как углеводы, является благоприятной средой для развития грибов. Ферменты, выделяемые различными видами грибов, могут разрушать как полисахаридный комплекс клеточных стенок, так и лигнин, превращая углеводные и неуглеводные компоненты в простые соединения, доступные для роста и развития грибов, вследствие чего эффективное применение древесины и материалов из нее зависит от ее биостойкости. Биостойкость – это способность древесины сопротивляться действию организмов, вызывающих ее биоразрушение. Различают биостойкость естественную (натуральную) и приобретенную. Если натуральная биостойкость зависит в основном от породы древесины, ее плотности, возраста, климатических и географических условий роста, а также условий ее хранения и эксплуатации, то приобретенная биостойкость главным образом зависит от качества и количества введенного в древесину защитного вещества.

Вопросу биозащиты древесины в научных работах уделяется большое внимание [1–10].

Одной из наиболее важных задач в настоящее время является именно увеличение биостойкости древесины от поражения плесневыми, деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами экологически безопасными антисептиками. Использование хороших защитных средств при тщательной пропитке увеличивает приобретенную биостойкость древесины, тем самым дает возможность продлить срок службы сооружений с применением древесины в несколько раз.

Целью исследований является разработка методики ускоренного старения древесины в климатической камере, моделирующей условия эксплуатации в определенных классах условий службы древесины, пропитанной защитными средствами, с подтверждением сохранения защитных свойств по отношению к грибам.

Поставлены задачи по разработке программы по имитации в лабораторных условиях ускоренного старения образцов древесины сосны, пропитанных масляным и водорастворимыми средствами, содержащими окись меди и триазолы. Предметом исследования являются: масло сланцевое, защитное водорастворимое

неорганическое средство на основе медных соединений и триазолов и защитное водорастворимое неорганическое средство на основе медных триазолов, содержащее аммонийные группы.

Объектом исследований послужила древесина сосны, пропитанная масляным и водорастворимыми антисептиками на основе медных соединений с триазолами и аммонийными группами.

Основная часть. Под защищающей способностью защитного средства понимают способность придавать объекту защиты свойство противостоять факторам и биологическим агентам разрушения (ГОСТ 20022.1–90) [11], т. е. обеспечивать защиту древесины от разрушения в реальных условиях. Эта способность связана с соединением защитного агента с клетками древесины и длительностью сохранения защиты в реальных условиях эксплуатации, так называемым вымыванием.

Основным действующим нормативным документом на данный момент, устанавливающим параметры защищенности объектов от биологического разрушения в пределах каждого класса условий службы, является ГОСТ 20022.0–2016 [12]. Однако на данный момент на рынке представлено много новых защитных средств, не входящих в данный ТНПА. Но основополагающего документа с обязательными требованиями по защите древесины, эксплуатируемой в различных классах службы, не существует.

Согласно ГОСТ 20022.2–2018 [13], условия службы древесины по скорости расконсервирования и уязвимости подразделяются на XVIII классов. Классы условий службы опираются на данные по интенсивности вымывания, источнику или характеру увлажнения древесины, периоду активного биологического разрушения и объекту применения изделий, пропитанных защитными средствами.

Для проведения испытаний было выбрано три современных защитных средства:

- 1) водорастворимое неорганическое средство, содержащее невымываемый антисептик на основе медных триазолов и аммонийные группы, – ЗС1;
- 2) водорастворимое неорганическое средство, содержащее невымываемый антисептик на основе медных триазолов, – ЗС2;
- 3) масло сланцевое – МС.

Испытания проводили в XIV–XVIII классах условий службы по ГОСТ 20022.2–2018 [13], указанных в табл. 1.

Для имитации XIV–XVIII классов условий службы была разработана программа, учитывающая источник или характер увлажнения, в том

числе особенности климатических температур (табл. 2).

Таблица 1

Классификация условий службы древесины

Класс службы	Вымывание	Источник или характер увлажнения
XIV	Сильное	Теплая вода металлургических и других заводов и электростанций
XV		Речная и болотная вода в условиях умеренного климата
XVI		Речная и болотная вода в условиях тропического климата
XVII		Морская вода в условиях умеренного климата
XVIII		Морская вода в условиях тропического и субтропического климата

Таблица 2

Классификация условий службы древесины

Класс службы	Климатические условия	Температурный режим, °С, и время инкубирования, ч
XIV	Комнатная температура	20–24°С
XV, XVII	Умеренный климат	30°С в течение 6 ч 2°С в течение 2 ч –25°С в течение 3 ч 15°С в течение 7 ч –5°С в течение 6 ч
XVI, XVIII	Тропический климат	20°С в течение 6 ч 35°С в течение 2 ч 20°С в течение 3 ч 35°С в течение 7 ч 28°С в течение 6 ч
XVIII	Субтропический климат	20°С в течение 6 ч 2°С в течение 2 ч 20°С в течение 3 ч 35°С в течение 7 ч 28°С в течение 6 ч

Для создания условий, имитирующих XIV класс условий службы, готовили раствор, содержащий аммиак, известь (концентрация до 13–20 г/л), сульфаты железа (концентрация 150–300 г/л), сульфиды, хлориды (концентрация 10–15 мг/л), масло (концентрация 10–100 мг/л).

Для имитации условий XV и XVI классов службы использовалась болотная вода.

При проведении испытаний, которые имитировали XVII–XVIII классы условий службы древесины готовили раствор морской соли (35 г на 1 л воды).

При проведении испытаний по определению эффективности защитного средства по отношению к плесневым и деревоокрашивающим грибам по ГОСТ 30028.4–2006 [14] использовались образцы из древесины размером 10×55×75 мм (последний размер – по длине волокон). Влажность образцов перед испытанием была не менее 100%.

Поглощение защитных средства Π , кг/м³, вычисляли по формуле (1):

$$\Pi = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 1000, \quad (1)$$

где m_1 – масса образца до обработки, г; m_2 – масса образца после обработки, г; V – объем образца, см³.

Образцы пропитывались, согласно инструкции производителя, 10%-ными растворами испытываемых составов и сланцевым маслом по ГОСТ 20022.6–93 [15] (автоклавно пропитка) при рабочем давлении 9 атм. Среднее поглощение раствора ЗС1 составило 393,83 кг/м³ (среднее поглощение концентрата антисептика 39,38 кг/м³), среднее поглощение ЗС2 – 394,76 кг/м³ (среднее поглощение концентрата антисептика 3,95 кг/м³), МС – 394,48 кг/м³.

При проведении испытаний для определения эффективности защитного средства по отношению к дереворазрушающим грибам по МВИ 001–2003 [16] использовались образцы березового шпона размером 70×70×1,5 мм и влажностью 12–14%. Пропитку образцов древесины проводили согласно инструкции производителя путем погружения в 10%-ный раствор испытываемых составов и в сланцевое масло. Среднее поглощение раствора ЗС1 составило 453,05 кг/м³ (среднее поглощение концентрата антисептика 45,31 кг/м³), среднее поглощение ЗС2 – 455,11 кг/м³ (среднее поглощение концентрата антисептика 45,51 кг/м³), МС – 454,92 кг/м³.

После пропитки образцы выдерживались в условиях, исключающих попадание влаги, в течение 7 сут.

После фиксации защитных компонентов пропитанные образцы подвергались испытанию в XIV–XVIII классах условий службы с цикличностью 32 и 64 сут, что по СТБ 11.03.02–2010 [17] соответствует 4 и 8 годам эксплуатации защитных средств.

По истечении 32 и 64 сут образцы древесины извлекались и испытывались на эффективность по отношению к плесневым, деревоокрашивающим и дереворазрушающим грибам по ГОСТ 30028.4–2006 и МВИ XXX.001–2003 [14, 16] соответственно.

Согласно ГОСТ 9.048–89 [18], для культивирования грибов использовали среду сусло-бульон и сусло-агар. Для этого неохмеленное пивное сусло разбавляли дистиллированной водой до содержания сахара 6–7%. Доводили pH среды

до значения $6,0 \pm 0,5$. При необходимости приготовления плотной среды добавляли агар из расчета 20 г на 1 л. Приготовленную среду стерилизовали при 1 атм в течение 20 мин. После чего в стерильных условиях разливали в пробирки либо чашки Петри.

Согласно ГОСТ 30028.4–2006 [14], при проведении испытания использовались три группы грибов. Первая группа включала следующие виды грибов: *Alternaria humicola*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium sporotrichiella*, *Penicillium brevicom*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium ochrochloron*, *Phialophora fastigiata*. Вторая группа: *Aspergillus hennebertii*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium merismoides*, *Paecilomyces variotii*, *Sporidesmium cladosporii*, *Exophiala lajeanselmei*, *Paecilomyces marquandii*. Третья группа: *Alternaria tenuis*, *Aspergillus amstelodami*, *Aureobasidium pullulans*, *Fusarium culmorum*, *Penicillium purpurogenum*, *Trichoderma harzianum*.

Для приготовления суспензии спор использовали культуры грибов возрастом 21 сут с момента посева. Суспензию с концентрацией спор 1 млн/см³ готовили отдельно для каждого вида гриба. Рабочую суспензию получали путем смешивания суспензий видов грибов, входящих к конкретную группу, а именно по 1 см³ суспензии каждого вида с необходимой концентрацией спор вносили в емкость и доводили дистиллированной водой до 100 см³.

Для каждой группы грибов готовили одельный эксикатор, в который засыпали на 1/4 высоты предварительно увлажненные до $(70 \pm 5)\%$ опилки из здоровой заболони сосны. Опилки орошали рабочей суспензией грибов при помощи пульверизатора. Эксикаторы находились в помещении с температурой $(2 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 14 сут до начала испытаний.

Для каждого защитного средства в каждом классе условий службы испытывали по 18 образцов пропитанной древесины (по 6 образцов на каждую из трех групп грибов).

В эксикаторы с зараженными опилками устанавливали испытываемые и контрольные образцы древесины, не пропитанные защитными средствами. Продолжительность испытания составила 15 сут при температуре $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ с периодическим орошением содержимого эксикаторов для поддержания влажности, которая необходима для развития грибов. Состояние образцов оценивалось визуально через 5, 10 и 15 сут.

При анализе полученных результатов оценивали среднюю площадь поражения грибами образца как отношение суммы площадей, пораженных грибами, к общей площади образца (в процентах).

Результаты испытания приведены в табл. 3.

Таблица 3

Эффективность по отношению к плесневым и деревоокрашивающим грибам

Класс условий службы	Состав	Средняя площадь поражения грибами, %	
		4 года	8 лет
XIV	3C1	4	8
	3C2	0	0
	MC	0	0
XV	3C1	12	23
	3C2	0	18
	MC	0	0
XVI	3C1	9	11
	3C2	8	71
	MC	0	0
XVII	3C1	10	14
	3C2	10	15
	MC	0	0
XVIII (тропический климат)	3C1	7	10
	3C2	7	13
	MC	0	0
XVIII (субтропический климат)	3C1	0	10
	3C2	30	73
	MC	0	0

Из данных, представленных в таблице, можно видеть, что сланцевое масло в испытываемых XVII–XVIII классах условий службы древесины после 64 недель (что соответствует 8 годам эксплуатации средства) в имитированных условиях составило 100%-ную защиту от плесневых и дереворазрушающих грибов. Однако в сланцевом масле содержится гидросульфид (H_2S) – очень токсичный и очень огнеопасный газ, который в виде паров может скапливаться в помещениях хранения товара. Газ снижает обоняние даже в малых концентрациях и имеет неприятный запах.

В XV, XVI, XVII, XVIII классах службы эксплуатируются железнодорожные шпалы, виноградные колья, опоры линий связи и электропередачи, опоры мостов, деревянные ограждения, складские и сельскохозяйственные здания и сооружения, причалы для речных и морских судов, рудничная стойка, деревянные сооружения градиен электростанций.

Вторым по эффективности показало себя 3C1 на основе медных триазолов и содержащее аммонийные группы. В XV, XVI, XVII, XVIII классах службы по защищающей способности данное средство по результатам испытаний классифицировано как эффективное.

3C2 в XV, XVII и XVIII (тропический климат) классах службы по защищающей способности классифицировано как эффективное. В XVI и XVIII (субтропический климат) – неэффективное,

что, возможно, связано с тем, что болотная вода имеет свой микроклимат, который способствовал развитию грибов, находящихся практически постоянно в оптимальной температуре для своего роста, а соль, содержащаяся в морской воде, и понижение температуры способствовали более быстрому разрушению древесины и вымываемости защитного средства.

Оба водорастворимых средства можно отнести к высокоэффективным в XIV классе условий службы древесины, что может быть связано и с внесением химических веществ при имитации условий, которые ингибировали рост грибов.

Согласно МВИ 001–2003, при проведении испытания использовали культуру гриба *Coniophora puteana*. На скошенном сусло-агаре в пробирке выращивали *Coniophora puteana* в течение 5 сут при $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$. После чего в пробирку с накопленной биомассой гриба добавляли 1 см^3 сусло-бульона и тщательно встряхивали, инкубировали в течение 2 сут. После тщательного суспендирования $0,8\text{ см}^3$ суспензии переносили на поверхность агаризованной сусло-среды и растирали шпателем. Посевы инкубировали $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ до образования равномерного газона (5–8 сут). Из получившегося газона с помощью пробочного сверла диаметром 12 см, соблюдая правила асептики, вырезали агаровые блоки.

Испытуемые образцы шпона помещали на сусло-агар, а агаровые блоки переносили, соблюдая стерильность, в центр образца, располагая ростом культуры вниз. Для каждого защитного средства в каждом классе условий службы испытывали по 5 пропитанных образцов шпона. Параллельно инокулировали агаровыми блоками непропитанные образцы шпона. Чашки Петри с образцами культивировали при $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$, пока мицелий гриба на непропитанной древесине не достиг границы шпона (6–8 сут).

При анализе полученных результатов оценивали ширину зоны обрастания агарового блока мицелием, для чего использовали измерительный шаблон, где величина обрастания на одном образце древесины является среднеарифметическим 6 измерений. После вычисляли среднее значение ширины зоны для образцов параллельного испытания.

Ингибирующий эффект ИЭ, %, защитного средства вычисляли по формуле (2):

$$\text{ИЭ} = \left(1 - \frac{X_{\text{ср.пр}}}{X_{\text{ср.о}}} \cdot 1000\right), \quad (2)$$

где $X_{\text{ср.пр}}$ – средняя ширина зоны обрастания пропитанных защитными средствами образцов, мм; $X_{\text{ср.о}}$ – средняя ширина зоны обрастания, на непропитанных защитными средствами образцах, мм.

Результаты испытания приведены в табл. 4.

Таблица 4

Эффективность по отношению к дереворазрушающему грибу

Класс условий службы	Состав	Ингибирующий эффект, %	
		4 года	8 лет
XIV	3C1	60	55
	3C2	59	51
	MC	69	66
XV	3C1	70	67
	3C2	60	54
	MC	100	100
XVI	3C1	75	69
	3C2	63	56
	MC	100	100
XVII	3C1	65	55
	3C2	63	53
	MC	100	100
XVIII (тропический климат)	3C1	72	64
	3C2	62	54
	MC	63	61
XVIII (субтропический климат)	3C1	77	69
	3C2	77	62
	MC	69	65

Из данных, представленных в таблице, можно видеть, что сланцевое масло в испытуемых XV–XVII классах условий службы древесины после 64 недель (что соответствует 8 годам эксплуатации средства) в имитированных условиях составило 100%-ный ингибирующий эффект по отношению к дереворазрушающему грибу, в XIV, XVIII – 66 и 65%.

Для 3C1 ингибирующий эффект в XVI, XVIII (субтропический климат) составил 69%, в XV – 67%, в XVIII (тропический климат) – 64%, в XIV и XVII классах службы – 55%.

Для 3C2 ингибирующий эффект в XVIII (субтропический климат) составил 62%, в XVI – 56%, в XV и XVIII (тропический климат) – 54%, в XVII – 53%, в XIV классе условий службы – 51%.

Таким образом, оба водорастворимых неорганических средства на основе медных триазолов показали сопоставимые результаты по эффективности в отношении дереворазрушающего гриба.

Заключение. В ходе проведения исследования разработана программа, позволяющая в лабораторных условиях определить долговечность образцов древесины сосны, пропитанных масляными и водорастворимыми средствами, содержащими окись меди и триазолы в XIV–XVIII классах службы древесины согласно ГОСТ 20022.2–2018. Эффективность по отношению к плесневым, деревоокрашивающим и дереворазрушающим

грибам наблюдалась с цикличностью 32 и 64 сут, что имитирует 4 и 8 лет эксплуатации защитных средств.

Показано, что в этих условиях наиболее эффективным защитным средством по отношению к плесневым, деревоокрашивающим и дереворазрушающим грибам является сланцевое масло. Однако в сланцевом масле содержится гидросульфид (H_2S) – очень токсичный и очень огнеопасный газ, который в виде паров может скапливаться в помещениях хранения товара, он снижает обоняние даже в маленьких концентрациях и имеет неприятный запах.

Испытуемые современные экологически безопасные защитные средства на основе медных триазолов являются достаточно эффективными по отношению к плесневым, деревоокрашивающим и дереворазрушающим грибам в определенных классах эксплуатации древесины.

Так, защитное водорастворимое средство на основе медных триазолов и содержащее аммонийные группы в XV, XVI, XVII, XVIII классах службы по защищающей способности от

плесневых и деревоокрашивающих грибов, согласно результатам испытаний, классифицировано как эффективное. Водорастворимое неорганическое средство, содержащее невымываемый антисептик на основе медных триазолов – ЗС2 XV, XVII и XVIII (тропический климат) классов службы, по данной защищающей способности классифицировано как эффективное, в XVI и XVIII (субтропический климат) – неэффективное.

По эффективности ингибирования к дереворазрушающему грибу водорастворимые неорганические средства на основе медных триазолов показали сопоставимые между собой результаты как эффективные.

Необходимы ТНПА, которые регламентируют обязательную защиту древесины и изделий из нее специальными составами с целью их сохранения и длительного использования. Указанный метод может быть положен в основу нормативно-правового акта по испытаниям эффективности и долговечности защитных средств в различных условиях эксплуатации защищенной древесины.

Список литературы

1. Серговский П. С., Расев А. И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1987. 360 с.
2. Горшин С. Н. Консервирование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1977. – 355 с.
3. Пауль Э. Э., Звягинцев В. Б. Древесиноведение с основами лесного товароведения. Минск: БГТУ, 2015. 315 с.
4. Леонович О. К., Антоник А. Ю. Определение преобладающих культур дереворазрушающих и деревоокрашивающих грибов, их воздействие на древесину // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2017. № 2. С. 299–304.
5. Мазало Н. В. Комплексная защита древесных материалов антисептиками синергического действия: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск, 2010. 22 с.
6. Леонович О. К. Технология производства модифицированной древесины для опор линий связи и электропередачи: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск, 1989. 19 с.
7. Божелко И. К. Ресурсосберегающая технология пропитки деревянных шпал эмульсионным защитным средством: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск, 2018. 22 с.
8. Мазало Н. А., Леонович О. К. Исследование огне- и огнебиозащитных свойств древесины, пропитанной составами на основе фосфорно-органических соединений // 85-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием): сб. науч. работ, Минск, 1–13 февраля 2021 / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск, 2021. URL: <https://www.belstu.by/science/obschayainformaciya/conferencesandexhibitions/2018-god/81-ya-nauchno-tehnicheskaya-konferenciya.html> (дата обращения: 26.03.2021).
9. Мазало Н. А. Исследование долговечности древесины, пропитанной водорастворимыми и масляными антисептиками // 72-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов: сб. науч. работ, Минск, 12–23 апреля 2021. Минск, 2021 (в печати).
10. Леонович О. К., Мазало Н. А. Исследование долговечности археологической древесины, обработанной защитными средствами // II Международная научно-практическая конференция «Музейная здабыткі» к 70-летию Брестского областного краеведческого музея. Семинар «Актуальные вопросы изучения консервации и музеефикации археологических объектов из дерева». Брест 12–13 ноября 2020 г. Брестский областной краеведческий музей; редкол.: А. В. Митюков [и др.]. Брест: Изд-во ООО «Брестская типография», 2020. С. 272–281.
11. Защита древесины. Термины и определения: ГОСТ 20022.1-90. Введ. 01.07.01. М.: Госстандарт, 1990. 13 с.
12. Защита древесины. Параметры защищенности: ГОСТ 20022.0-2016. Введ. 01.04.18. М.: Стандартинформ, 2017. 44 с.

13. Защита древесины. Классификация. ГОСТ 20022-2-2018. Введ. 01.04.19. М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.
14. Средства защитные для древесины. Экспресс-метод оценки эффективности против дереворастворяющих и плесневых грибов: ГОСТ 30028.4-2006. Введ. 01.01.07. М.: Межгос. сов. по стандартизации, метрологии и сертификации, 2006. 6 с.
15. Защита древесины. Способы пропитки: ГОСТ 20022.6-93. Введ. 21.10.93. М.: Межгос. сов. по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. 12 с.
16. Методика определения ингибирующей способности защитных средств для древесины: МВИ 001-2003. Введ. 14.03.2003. Минск: БГТУ, 2011. 13 с.
17. Средства огнезащитные. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.03.02-2010. Введ. 01.07.2011. Минск: Госстандарт, 2003. 20 с.
18. Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов: ГОСТ 9.048-89. Введ. 01.07.91. М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1989. 22 с.

References

1. Sergovskiy P. S., Rasev A. I. *Gidrotermicheskaya obrabotka i konservirovaniye drevesiny* [Hydrothermal treatment and preservation of wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1987. 360 p.
2. Gorshin S. N. *Konservirovaniye drevesiny* [Wood preservation]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1977. 355 p.
3. Paul E. E., Zvyagintsev V. B. *Drevesinovedeniye s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood science with the basics of forest tavarology]. Minsk, BGTU Publ., 2015. 315 p.
4. Leonovich O. K., Antonik A. Yu. Determination of the prevailing cultures of wood-destroying and wood-coloring fungi, their impact on wood. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2017, no 2, pp. 299–304 (In Russian).
5. Mazanik N. V. *Kompleksnaya zashchita drevesnykh materialov antiseptikami sinergicheskogo deystviya*. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Complex protection of wood materials with antiseptic tanks of synergistic action. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. Minsk, 2010. 22 p.
6. Leonovich O. K. *Tekhnologiya proizvodstva modifitsirovannoy drevesiny dlya opor liniy svyazey i elektropredachi* [The technology of production of modified wood for the supports of communication lines and power transmission author. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. Minsk, 1989. 19 p.
7. Bozhelko I. K. *Resursosberegayshaya tekhnologiya propitki derevyannykh shpal emul'sionnym zashchitnym sredstvom*. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Resource-saving technology of impregnation of wooden sleepers with an emulsion protective agent. Abstract of thesis cand. of techn. sci.]. Minsk, 2018. 22 p.
8. Mazalo N. A., Leonovich O. K. Investigation of fire and fire-protective properties of wood impregnated with compositions based on phosphorus-organic compounds. *85-ya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [85nd scientific and technical conference of the teaching staff, researchers and graduate students (with international participation): collection of scientific papers]. Minsk, February 1–13, 2021. Minsk, 2021. Available at: <https://www.belstu.by/science/obschaya-informatsiya/conferencesandexhibitions/2021-god/85nd-nauchno-tekhnicheskaya-konferentsiya.html> (accessed 26.03.2021).
9. Mazalo N. A. Study of durability of wood impregnated with water-soluble and oil antiseptics. *72-ya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya uchashchikhsya, studentov i magistrantov: sb. nauch. rabot* [72nd scientific and technical conference of pupils, students and undergraduates: collection of scientific. papers]. Minsk, April 12–23, 2021. Minsk, 2021 (In the press).
10. Leonovich O. K., Mazalo N. A. Study of the durability of archaeological wood treated with protective agents. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, "Huzeynyya zolabytki" k 70-letiyu Brestskogo oblastnogo krayevedcheskogo muzeya. Seminar "Aktual'nyye voprosy izucheniya konservatsii i muzeyifikatsii arkhologicheskikh ob'yektov iz dereva"* [II International Scientific and Practical Conference "Museum Buildings" on the occasion of the 70th anniversary of the Brest Regional Museum of Local Lore Seminar "Topical Issues of Studying the Conservation and Museumification of Archaeological Objects Made of Wood" Brest, November 12–13, 2020. Brest Regional Museum; ed. by: A. V. Mityukov [et al.]. Brest, Brestskaya tipografiya, 2020, pp. 272–281 (In Russian).
11. GOST 20022.1-90. *Zashchita drevesiny. Terminy i opredeleniya* [Wood protection. Terms and definitions]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1990. 13 p. (In Russian).
12. GOST 20022.0-2016. *Zashchita drevesiny. Parametry zashchishchennosti* [Wood protection. Security parameters]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2017. 44 p. (In Russian).

13. GOST 20022-2–2018. *Zashchita drevesiny. Klassifikatsiya* [Wood protection. Classification]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2018. 12 p. (In Russian).
14. GOST 30028.4–2006. *Sredstva zashchitnyye dlya drevesiny. Ekspress-metod otsenki effektivnosti protiv derevookrashivayaushchikh plesneykh gribov* [Means protective for wood. Express method for assessing the effectiveness against wood-staining and mold fungi]. Moscow, Mezhdgosudarstvennyy sovet po standardizatsii, metrologii i sertifikatsii Publ., 2006. 6 p. (In Russian).
15. GOST 20022.6–93 *Zashchita drevesiny. Sposoby propitki* [Wood protection. Impregnation methods]. Moscow, Mezhdgosudarstvennyy sovet po standardizatsii, metrologii i sertifikatsii Publ., 1996. 12 p. (In Russian).
16. *Metodika opredeleniya ingibiruyushchey sposobnosti zashchitnykh sredstv dlya drevesiny* [Method for determining the inhibiting ability of wood preservatives]. Minsk, BGTU Publ., 2011. 13 p. (In Russian).
17. STB 11.03.02–2010. *Sredstva ognезashchitnyye. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya i metody ispytaniy* [Fire retardants. General technical requirements and test methods]. Minsk, Izdatel'stvo standartov Publ., 2003. 20 p. (In Russian).
18. GOST 9.048–89. *Yedinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Izdeliya tekhnicheskiye. Metody laboratornykh ispytaniy na stoykost' k vozdeystviyu plesneykh gribov* [Unified system of protection against corrosion and aging. Technical products. Methods of laboratory tests for resistance to mold fungi]. Moscow, Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam Publ., 1989. 22 p. (In Russian).

Информация об авторах

Леонович Олег Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: OKL2001@mail.ru

Мазало Надежда Александровна – магистрант кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: mazalo@belstu.by.

Information about the authors

Leonovich Oleg Konstantinovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Industries. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: OKL2001@mail.ru

Mazalo Nadezhda Aleksandrovna – Master's student, the Department of Technology of Woodworking Industries. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: smokya.mazalo@belstu.by.

Поступила 22.03.2021