

УДК 038.742.046.73

С. А. Дупанов, О. К. Леонович, И. К. Божелко, И. В. Генюш
Белорусский государственный технологический университет

**ПОДГОТОВКА И КОНСЕРВАЦИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ
НА АРХЕОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ: ГОРОДИЩЕ, СЕЛИЩЕ
(X–XI, XVII–XIX ВВ.)**

Археологическая древесина клеток оборонительной стены Минска, включающая древесину мореного дуба и частично других пород, на Археологическом комплексе: городище, селище (X–XI, XVII–XIX вв.) представляет исторически важную ценность и требует внимательного отношения с целью сохранения сооружений для потомков.

В статье приведены результаты исследований по антисептированию, сушке и консервированию археологической древесины, а также даны советы по практическому их применению на объекте. Отмечается, что основным фактором разрушения мореной древесины дуба после ее контакта с воздушной средой является быстрое усыхание верхних и особенно торцевых частей сооружений.

Предложено сразу после извлечения элементов конструкций из грунта изолировать их пленкой и постепенно удалять накопившуюся влагу. При снижении влаги до 100% сушку осуществлять в высоко насыщенном среде (98–95%). По достижении влажности 20–25% древесина окончательно подвергается антисептированию и последующей консервации. В статье также приведены результаты исследований прочности мореной древесины и классификация деградированной древесины в зависимости от плотности и степени разрушения. Определены средства, наиболее приемлемые для защиты древесины от биоразрушения.

Ключевые слова: археологическая древесина, мореный дуб, деградация, прочность, классификация, консервирование.

Для цитирования: Дупанов С. А., Леонович О. К., Божелко И. К., Генюш И. В. Подготовка и консервация археологической древесины на Археологическом комплексе: городище, селище (X–XI, XVII–XIX вв.) // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 1 (288). С. 75–82.

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-288-8.

S. A. Dupanov, O. K. Leonovich, I. K. Bazhelka, I. V. Genyush
Belarusian State Technological University

**PREPARATION AND CONSERVATION OF ARCHAEOLOGICAL WOOD
AT THE ARCHAEOLOGICAL COMPLEX: HILLFORT, SETTLEMENT
(X–XI, XVII–XIX CENTURIES)**

Archaeological wood of the cells of the defensive wall of Minsk made of bog oak and partly other species at the Archaeological Complex: hillfort, settlement (10th–11th, 17th–19th centuries) is of historically important value and requires careful attention to the preservation of structures for posterity.

The article presents the results of studies on the development of recommendations for antiseptic treatment, drying and conservation of archaeological wood and practical experience of their application at the site. It is noted that the main factor in the destruction of bog oak wood after its contact with the air is the rapid drying of the upper and especially the end parts of the structures.

It is proposed to immediately after opening the elements of structures from the ground to isolate them with a film and gradually remove the accumulated moisture. When the moisture content decreases to 100%, drying should be carried out in a highly saturated environment of 98–95%. When the humidity reaches 20–25%, the wood is finally subjected to conservation and subsequent conservation. The results of studies of the strength of bog wood and the classification of degraded wood depending on the density and degree of destruction are presented. The protective means most suitable for protection against biodestruction are determined.

Keywords: archaeological wood, bog oak, degradation, strength, classification, conservation.

For citation: Dupanov S. A., Leonovich O. K., Bazhelka I. K., Genyush I. V. Preparation and conservation of archaeological wood at the Archaeological Complex: hillfort, settlement (X–XI, XVII–XIX centuries). *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resource*, 2025, no. 1 (288), pp. 75–82 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-288-8.

Введение. Подходы к консервированию археологической древесины на сегодня изучены, имеется ряд направлений и технологий, которые используются по всему миру, благодаря этому можно оценить их применимость и результативность. Наиболее распространенными и эффективными в настоящее время являются составы на основе смол, которые после пропитки древесины отверждаются под воздействием температуры. Данная технология получила широкое распространение, однако она имеет ряд серьезных недостатков, обусловленных высокой токсичностью препаратов, используемых для защиты крупногабаритных образцов древесины, а так же отсутствием соответствующего оборудования. Интерес представляет опыт предприятия ГОДО «Транс-Центр» в сушке и переработке мореной древесины дуба и работы в данном направлении, проводимые аспирантом Дупановым С. А. под руководством научного руководителя Леоновича О. К. в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» (кафедра технологии деревообрабатывающих производств (заведующий кафедрой Божелко И. К.)) совместно с Институтом истории Национальной академии наук Республики Беларусь и ГОДО «Транс-Центр» [1, 2].

Основные направления исследований и технологии сохранения мореной древесины различных периодов возрастания и мест залегания перед добычей их в переработку изложены авторами в работе [2], в которой они предлагают использовать технологию по сушке и консервации, основывающуюся на базе исследований университетской и академической науки и практики по сохранению и переработке мореного дуба на ГОДО «Транс-Центр» [2].

На данный момент метод применим только к древесине дуба, для прочих пород требуются анализ и изучение динамики разрушения в процессе сушки. Проблема сохранения археологической древесины, в том числе дуба, заключается не только в переувлажнении до $W = 100\text{--}600\%$, но и в процентном увеличении количества связанной на клеточном уровне влаги. Процесс консервации археологической древесины начинали сразу после ее обнаружения. В момент контакта археологической древесины с воздушной средой начинаются необратимые процессы сушки и дальнейшей деградации. Скорость данных процессов напрямую зависит от температуры и влажности воздуха. Разные породы археологической древесины имеют разную динамику разрушения. Наиболее устойчива в этом плане древесина дуба.

Целью данных исследований является представление теоретических и практических резуль-

татов по подготовке и консервации археологической древесины на Археологическом комплексе: городище, селище (X–XI, XVII–XIX вв.) с учетом ее состояния и определения основных прочностных свойств и средств защиты от дальнейшего разрушения.

Исследования физико-химических, реологических, качественных характеристик натурального мореного дуба, видовых и возрастных свойств, направления использования в народном хозяйстве изложены в работах, которые послужили основой для принятия решений по защите археологических объектов от разрушения [3–16].

Основная часть. Технология консервации археологической древесины индивидуальна и зависит от многих параметров:

- среды нахождения объектов археологической древесины;
- породы древесины, в полевых условиях реально отличить древесину хвойных пород от твердолиственных;
- возраста археологической древесины;
- степени деградации;
- наличия факторов биоразрушения.

Находки из археологической древесины имеют высокую культурную значимость и являются наиболее тяжелыми в плане сохранения.

В результате первичного анализа оборонительных сооружений из древесины на Археологическом комплексе: городище, селище (X–XI, XVII–XIX вв.) в деревне Городище Минского района были получены следующие данные:

- 1) влажность неравномерная – от 70 до 200%;
- 2) поражение плесневыми грибами;
- 3) конструктивные деформации, изломы, места продавливания деревянных срубов;
- 4) преобладающая порода дуб;
- 5) период нахождения в исходной среде 900–1100 лет;
- 6) конструкция имеет форму клетей: внутреннее заполнение однородное глеевое, наружное – неоднородное;
- 7) в местах запилов срубов имеются следы гниения (рис. 1);
- 8) ориентировочный объем археологической древесины в сооружении – около 30 м^3 , масса конструкции из переувлажненной древесины при средней плотности 1600 кг/м^3 оценивалась в 48 т;
- 9) диаметры срубов – от 5 до 40 см. Расчетное количество – 300 единиц.

В связи с особенностями расположения комплекса, высоким уровнем грунтовых вод, большим общим объемом деревянных сооружений и имеющимися конструктивными дефектами было принято решение о полной разборке данных конструкций.



Рис. 1. Биопоражение археологической древесины на Археологическом комплексе: городище, селище

Такое решение имело как свои плюсы, так и минусы. В связи с тем что период начала проведения консервационных работ был ограничен, а раскопки еще не завершены, отсутствовала полная картина конструкции. Консервационные работы на месте не рассматривались. Поэтому после вскрытия раскопок были даны рекомендации для увеличения сроков проведения работ. При этом конструкцию из археологической древесины увлажняли, накрывали полиэтиленовой пленкой и не допускали попадания прямых солнечных лучей.

Выбранная технология консервации применяется на предприятии ГОДО «Транс-Центр», занимающемся добычей и переработкой мореного дуба, и доработана на базе УО «Белорусский государственный технологический университет». Определены и опробованы режимы сушки, разработаны антисептирующие составы и рассчитаны этапы антисептирования, подготовлена программа поэтапной сушки. Перед началом работ по разборке конструкций проведено полное антисептирование методом распыления состава «Консервант-А». В условиях археологических раскопок подготовить поверхность древесины для нанесения любых антисептирующих средств не является возможным. Состав «Консервант-А» является водорастворимым, и его эффективная концентрация равна 1:5, но на данном этапе применили концентрацию 1:10–25. Нанесение состава на поверхность древесины также способствовало смачиванию и замедлению высыхания древесины. Данный процесс является первым этапом технологии сушки массивной древесины мореного дуба без ее деформации.

С целью уменьшения усушки поверхностных слоев разобранных элементов конструкции их упаковывали в гидропакеты, тем самым создавая приемлемые условия хранения на момент разборки и перевозки (рис. 2–4). Упаковка в гидропакеты эффективна при температурах окружающего воздуха от -5 до $+35^{\circ}\text{C}$.



Рис. 2. Процесс разборки деревянных конструкций



Рис. 3. Формирование гидропакета

Археологическая древесина дуба при температуре 30°C имеет скорость высыхания 5–10% в сутки, а при попадании прямых солнечных лучей этот показатель увеличивается вдвое. Такая скорость сушки неизбежно приводит к полной структурной деградации древесины.

При разборке конструкции стоит учитывать, что древесина сильно переувлажнена и ее вес

вдвое превышает вес обычного дуба. При подъеме необходимо распределять нагрузку и избегать точечного усилия, а также использовать широкие матерчатые стропы для подъема и перемещения.



Рис. 4. Разборка конструкций и подготовка гидропакетов

Деревянные дубовые конструкции археологического комплекса изолированные в пленку после разборки клеток, перевозились для временного хранения на промежуточный склад (рис. 5). Далее конструкции автотранспортом перевозили в ангары к месту их дальнейшей сушки и консервации.



Рис. 5. Промежуточный склад хранения дубовых конструкций

Следующим этапом консервации археологической древесины является механическая очистка, а также гидромеханическая очистка с дальнейшей обработкой антисептиком Tanalith E в концентрации 1:8.

В процессе гидромойки конструкций морской дубовой древесины выявились интересные артефакты на гаковых частях конструкции (крюки на концах). Крюки удерживали конструкцию от растаскивания ее нападающими на крепостные стены. На одном из гаков, по утверждению главного археолога Андрея Войтеховича, вырезаны устрашающие кабаньи клыки (рис. 6–7).



Рис. 6. Гаковая часть конструкции до гидромеханической очистки



Рис. 7. Гаковая часть конструкции после гидромеханической очистки

Проводились исследования влажности, плотности и прочности образцов археологического мореного дуба различной степени деградации.

В результате исследования влажности и плотности древесины мореного дуба установлен среднестатистический уровень их изменения: плотность древесины падает пропорционально степени деградации от 100 до 15% (от 701,8 до 105 кг/м³), а влажность, наоборот, возрастает со 112 до 148%.

В процессе работ по защите археологической древесины велись исследования ее физических и прочностных свойств, а также степени повреждения грибами различных видов.

Прочность мореной древесины элементов клетей на Археологическом комплексе: городище, селище исследовалась с помощью приростного бурава (бурав Пресслера), используемого в оценочных работах при таксации и лесоотведении в лесном хозяйстве.

Состояние древесины в целом, в зависимости от ее влажности, плотности и глубины поражения грибом, рекомендовано характеризовать степенью деградации. Принято решение классифицировать состояние деградированной древесины по 4 степеням деградации:

А – состояние без особых повреждений (0–20%);

Б – имеются повреждения, трещины, внутреннее гниение, деградация поверхности (21–40%);

В – древесина частично деградирована, есть внутренние гнили, трещины, грибные поражения (41–60%);

Г – деградация по всему объему, глубокие трещины, древесина имеет ослабленное структурное состояние (61–20% и ниже).

В соответствии с предложенной классификацией определялось состояние каждого объекта археологического комплекса и составлялись акты.

Параллельно с полевыми работами велись исследования в научно-исследовательской лаборатории огнезащиты строительных конструкций и материалов БГТУ.

Предел прочности при изгибе и сжатии у древесины мореного дуба со степенью деградации А находится в пределах прочности натурального мореного дуба. Средний фактический предел прочности испытанных образцов археологической древесины при статическом изгибе – 93,8 МПа, а образцов древесины обычного дуба – 91,7 МПа.

Прочность древесины, деградированной по степени Б, В, Г, падает пропорционально плотности древесины.

Важное значение для сохранения археологической древесины имеет защита ее от биоразрушения. Древесина – гигроскопичный природный материал, который в процессе произрастания и эксплуатации подвергается воздействию плесневых, деревоокрашивающих и дереворазрушающих грибов и технических вредителей. Грибы и технические вредители используют древесину в качестве питательного вещества. В результате их воздействия древесина изменяет химический состав, структуру, строение и физико-механические свойства.

Испытания по определению эффективности биозащитных свойств по отношению к плесневым, деревоокрашивающим грибам и стандарт-

ному дереворазрушающему грибу *Coniophora puteana* проводились по ГОСТ 30028.4–2022 «Средства защитные для древесины. Экспресс-метод оценки эффективности против деревоокрашивающих и плесневых грибов» и ГОСТ 16712–95 «Средства защитные для древесины. Метод испытания токсичности».

В качестве защитных средств были выбраны 4 состава:

1) водорастворимый концентрат с профилактическим, временным защитным эффектом от синевы и плесени Impralith-BSK effect+;

2) антисептик Tanalith E 3475 + Tanagard;

3) Консервант-А (средство для обработки мореной древесины (в составе CuSO_4 , FeSO_4 , FeO , NaCl);

4) Консервант-Б (смесь Консерванта А и Tanalith E 3475 в соотношении 1:1).

На основании результатов исследований по определению эффективности против плесневых, деревоокрашивающих, дереворазрушающих грибов был сделан выбор в пользу защитного средства Tanalith E для консервации мореной древесины дуба. Антисептик Tanalith E 3475 + Tanagard по показателю порогового поглощения (3,6%) обладает согласно ГОСТ 16712–95 достаточной токсичностью к стандартному штамму дереворазрушающего гриба *Coniophora puteana* и по показателю эффективности в отношении к плесневому и деревоокрашивающим грибам (по ГОСТ 30028.4–2022) соответствует высокоэффективным защитным средствам.

Заключение. В процессе исследовательских и практических работ по подготовке и консервации археологической древесины на Археологическом комплексе: городище, селище (X–XI, XVII–XIX вв.) установлено:

– процессы раскрытия археологических находок и начала их биозащиты и гидрофобизации должны проходить одновременно;

– наиболее эффективной является защита археологической дубовой древесины при изолировании ее от внешней среды пленкой с постепенным удалением накопившейся влаги (т. е. удаление влаги из древесины практически при влажности окружающей среды 99–98%);

– антисептирование от повреждения плесневыми и деревоокрашивающими грибами непосредственно на объекте первоначально следует производить составом «Консервант-А», для безопасности работы персонала после попадания дубовой мореной древесины на склад хранения антисептирование производить защитным средством Tanalith E методом капиллярной пропитки (распылением);

– увлажнение деревянных конструкций из мореной древесины производить защитным средством Tanalith E пониженной концентрации;

- снижение влажности мореной археологической древесины дуба от 100 до 65% производить в помещениях с влажностью среды 98–95%, причем деревянные дубовые элементы конструкции необходимо периодически увлажнять;
- непосредственно сушку от 60 до 35% производить при влажности среды от 95 до 55%;
- окончательную сушку от 35 до 10% вести в закрытых помещениях при температуре 20°C и влажности среды 55%, которая наиболее приемлема и позволяет сохранить мореную древесину без трещин и деформаций;
- укрытие пленкой элементов дубовых деревянных конструкций клетей с периодическим увлажнением их поверхности способствует снижению скорости удаления влаги из деревянных конструкций и бездеформативной сушке;

- классификация деградированной археологической древесины по изменению параметров плотности и степени разрушения позволяет отнести ее к определенной группе прочности и получить прогнозный показатель по реологическим свойствам и, соответственно, направлению ее использования;

- прочностные показатели мореной дубовой древесины группы А – состояние без особых повреждений (0–20%) находятся на уровне аналогичных показателей натурального дуба;

- консервирование конструкции из мореной древесины от поражения плесневыми, дереворастворяющими и дереворазрушающими грибами производить защитным средством Tanalith E 3475 + Tanagard по показателю порогового поглощения (3,6%).

Список литературы

1. Дупанов С. А., Леонович О. К. Проблемы сохранения археологических объектов из натурального мореного дуба и сосны // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 1 (276). С.165–172. DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-22.
2. Леонович О. К., Дупанов С. А. Исследования мореного дуба и его свойств при добыче и переработке // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 2 (276). С. 157–166. DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-19.
3. Дупанов С. А., Леонович О. К. Исследование физико-химических и прочностных свойств мореного дуба различных возрастных групп для изготовления изделий // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: тез. докл. 85-й науч.-техн. конф. (с междунар. участием), Минск, 1–13 февр. 2021 г. Минск, 2021. С. 144–147.
4. Леонович О. К., Дупанов С. А. Исследование химических и структурных свойств натурального мореного дуба методом сканирующей микроскопии // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (240). С. 150–155. DOI: 10.52065/2519-402X-2021-240-20-150-155.
5. Леонович О. К., Дупанов С. А. Перспективные направления переработки натурального мореного дуба // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: тез. докл. 84-й науч.-техн. конф., посвящ. 90-летию юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с междунар. участием), Минск, 3–14 февр. 2020 г. Минск, 2020. С. 80–81.
6. Дупанов С. А., Леонович О. К. Проблемы защиты древесины сосны и дуба в Республике Беларусь // Лес – Наука – Инновации – 2022. Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ: сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–9 дек. 2022 г. Минск, 2022. С. 238–241. URL: <https://www.belstu.by/nauka/ob-inf/konferenczii-v-bgtu-v-2022-godu/mezhdunarodnyij-molodezhnyij-lesopromyshlennyij-forum-%C2%ABles-nauka-innovaczii-2022%C2%BB-sentyabr-oktyabr-2022> (дата обращения: 10.10.2024).
7. Леонович О. К., Божелко И. К. Консервация археологических и деревянных строений в Беларуси // Каласавины: материалы XXXIV науч. конф., Минск, 2 окт. 2020 г. Минск, 2020. С. 8–10.
8. Леонович О. К., Мазало Н. А. Исследование долговечности археологической древесины, обработанной защитными составами // Музейныя здабыткі: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 12–13 нояб. 2020 г. Брест, 2020. С. 30–35.
9. Леонович О. К., Дупанов С. А. Консервация археологических находок из мореного дуба // Реставрация, консервация и музеефикация археологического дерева и органических материалов: материалы Междунар. конф., Казань, 1–5 нояб. 2022 г. Казань, 2022. URL: <http://archtat.ru/events/mezhdunarodnaya-konferentsiya-restavratsiya-konservatsiya-i-muzeefikatsiya-arheologicheskogo-dereva-i-organicheskikh-materialov> (дата обращения: 28.09.2024).
10. Леонович О. К., Дупанов С. А. Модифицирование древесины мореного дуба акрилатными соединениями // Лес – 2022: тез. докл. XXII Междунар. науч.-техн. интернет-конф., Брянск, 1–30 нояб. 2022 г. Брянск, 2022. URL: http://science-bsea.bgita.ru/2022/les_2022/leonovich_pol.htm (дата обращения: 28.09.2024).

11. Дупанов С. А., Леонович О. К. Классификационный подход к оценке качественных характеристик натурального мореного дуба // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: сб. ст. 87-й науч.-техн. конф. с междунар. участием, Минск, 31 янв. – 17 февр. 2023 г. Минск, 2023. С. 146–149.

12. Дупанов С. А., Леонович О. К. Возрастная и видовая дифференциация натурального мореного дуба // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 2 (270). С. 204–209. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-23.

13. Леонович О. К., Дупанов С. А. Определение качества натурального мореного дуба в зависимости от различных физических, возрастных и видовых характеристик // Лес – 2023: тез. докл. XXIII междунар. науч.-техн. интернет-конф., 1–30 мая 2023 г. Брянск, 2023. URL: http://science-bsea.bgita.ru/2023/les_2023/leonovich_komp.htm (дата обращения: 28.09.2024).

14. Методы физико-механических испытаний модифицированной древесины. М.: Стройиздат, 1973. 47 с.

15. Леонович О. К., Дупанов С. А. Исследование зольных остатков мореного дуба различных возрастных периодов залегания в поймах рек // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: тез. докл. 71-й науч.-техн. конф., Минск, 20–25 апр. 2020 г. Минск, 2023. С. 137–138.

16. Леонович О. К., Дупанов С. А. Исследование физико-химических свойств натурального мореного дуба, используемого для производства эксклюзивных изделий и мебели // Лес – 2020: тез. докл. XIX Междунар. науч.-техн. интернет-конф., 1–30 мая 2020 г. Брянск, 2020. URL: http://science-bsea.bgita.ru/2020/les_2020/leonovich_komp.htm (дата обращения: 28.09.2024).

References

1. Dupanov S. A., Leonovich O. K. Problems of preservation of archaeological objects from natural moren oak and pine. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2024, no. 1 (276), pp. 165–172. DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-22 (In Russian).

2. Leonovich O. K., Dupanov S. A. Studies properties in extraction and processing. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2024, no. 2 (282), pp. 157–166. DOI: 10.52065/2519-402-2024-282-19 (In Russian).

3. Dupanov S. A., Leonovich O. K. Study of the physical-chemical and strength properties of bog oak of various age groups for the manufacture of products. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: tezisy dokladov 85-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Forestry engineering, materials science and design: abstracts of the reports of the 85th scientific and technical conference (with international participation)]. Minsk, 2021, pp. 144–147 (In Russian).

4. Leonovich O. K., Dupanov S. A. Study of the chemical and structural properties of natural bog oak using scanning microscopy. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2021, no. 2 (240), pp. 150–155. DOI: 10.52065/2519-402X-2021-240-20-150-155 (In Russian).

5. Leonovich O. K., Dupanov S. A. Promising directions for processing natural bog oak. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: tezisy dokladov 84-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letnemy yubileyu BGTU i Dnyu belorusskoy nauki (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Forest engineering, materials science and design: abstracts of the reports of the 84th scientific and technical conference, dedicated 90th anniversary of BSTU and the Day of Belarusian Science (with international participation)]. Minsk, 2020, pp. 80–81 (In Russian).

6. Dupanov S. A., Leonovich O. K. Problems of protecting pine and oak wood in the Republic of Belarus. Available at: <https://www.belstu.by/nauka/ob-inf/konferenczii-v-bgtu-v-2022-godu/mezhdunarodnyij-molodezhnyij-lesopromyishlennyij-forum-%C2%ABles-nauka-innovaczii-2022%C2%BB-sentyabr-oktyabr-2022> (accessed 10.10.2024) (In Russian).

7. Leonovich O. K., Bozhelko I. K. Conservation of archaeological and wooden buildings in Belarus. *Kalasaviny: materialy XXXIV nauchnoy konferentsii* [Kalasaviny: materials of the XXXIV scientific conference]. Minsk, 2020, pp. 8–10 (In Russian).

8. Leonovich O. K., Mazalo N. A. Study of the durability of archaeological wood treated with protective compounds. *Muzeynyya zdabytki: materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Museum buildings: materials of the II International scientific-practical conference]. Brest, 2020, pp. 30–35 (In Russian).

9. Leonovich O. K., Dupanov S. A. Conservation of archaeological finds from bog oak. Available at: <http://archtat.ru/events/mezhdunarodnaya-konferentsiya-restavratsiya-konservatsiya-i-muzeefikatsiya-arheologicheskogo-dereva-i-organicheskikh-materialov/> (accessed 28.09.2024) (In Russian).

10. Leonovich O. K., Dupanov S. A. Modification of bog oak wood with acrylate compounds. *Les – 2020: tezisy dokladov XXII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy internet-konferentsii* [Forest – 2020: abstracts of the report of the XIX International Scientific and Technical Internet Conference]. Bryansk, 2020. Available at: http://science-bsea.bgita.ru/2022/les_2022/leonovich_komp.htm (accessed 28.09.2024) (In Russian).

11. Dupanov S. A., Leonovich O. K. Classification approach to assessing the qualitative characteristics of natural bog oak. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: sbornik statey 87-y nauchno-tehnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem* [Forest engineering, materials science and design: abstracts of the reports of the 87th scientific and technical conference with international participation]. Minsk, 2023, pp. 146–149 (In Russian).

12. Dupanov S. A., Leonovich O. K. Age and species differentiation of natural bog oak. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2023, no. 2 (270), pp. 204–209. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-23 (In Russian).

13. Leonovich O. K., Dupanov S. A. Deformation-free drying of natural bog oak. *Les – 2023: tezisy dokladov XXIII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy internet-konferentsii* [Forest – 2023: abstracts of the report of the XXIII International Scientific and Technical Internet Conference]. Bryansk, 2023. Available at: http://science-bsea.bgita.ru/2023/les_2023/leonovich_komp.htm (accessed 28.09.2024) (In Russian).

14. *Metody fiziko-mekhanicheskikh ispytaniy modifitsirovannoy drevesiny* [Methods of physical and mechanical testing of modified wood]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1973. 47 p. (In Russian).

15. Leonovich O. K., Dupanov S. A. Study of ash residues of bog oak of various age periods in river floodplains. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: tezisy dokladov 71-y nauchno-tehnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem* [Forest engineering, materials science and design: abstracts of the reports of the 85th scientific and technical conference with international participation]. Minsk, 2020, pp. 8–15 (In Russian).

16. Leonovich O. K., Dupanov S. A. Study of the physical and chemical properties of natural bog oak used for the production of exclusive products and furniture. *Les – 2020: tezisy dokladov XXII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy internet-konferentsii* [Forest – 2020: abstracts of the report of the XIX International Scientific and Technical Internet Conference]. Bryansk, 2020. Available at: http://science-bsea.bgita.ru/2020/les_2020/leonovich_komp.htm (accessed 28.09.2024) (In Russian).

Информация об авторах

Леонович Олег Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: okl2001@mail.ru

Дупанов Сергей Александрович – магистрант кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: serge.zubr@yandex.by

Божелко Игорь Константинович – кандидат технических наук, доцент заведующий кафедрой технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: bkbstu@mail.ru

Генюш Инга Владимировна – инженер кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: agniya_21@mail.ru

Information about the authors

Leonovich Oleg Konstantinovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: okl2001@mail.ru

Dupanov Sergey Alexandrovich – Master's degree student, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: serge.zubr@yandex.by

Bazhelka Ihar Kanstantinavich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bkbstu@mail.ru

Genyush Inga Vladimirovna – engineer, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: agniya_21@mail.ru

Поступила 20.10.2024

