

## Проблемы глубокой консервации исторической древесины конструкций

**Федосенко Иван Гаврилович**

*Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств, УО «Белорусский государственный технологический университет»  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Под термином «историческая древесина» следует понимать археологическую или иную древесину после естественного старения посредством химической, биологической, физико-механической деструкции, которая является полностью или частично материалом культурно- или исторически-ценного объекта.

При консервации таких объектов необходимо иметь в виду несколько основных правил обслуживания конструкций из исторической древесины:

- выполнять контроль состояния элементов с минимальным вмешательством в целостность материала и конструкции;
- минимизировать укрепление элементов за счет опор и накладок, увеличивающих собственную массу объекта и нарушающих архитектуру объекта;
- усиливая элементы и выправляя геометрические искажения конструкции максимально сохранить аутентичный материал;
- при проведении защитных мероприятий избегать нарушения целостности конструкции для дальнейшей эксплуатации;
- при химической обработке древесины избегать ухудшения ее свойств и внешнего восприятия (твердость, прочность, баланс компонентов, цвет, запах и др.);
- при глубокой консервации предпочтение отдавать классическим долговечным составам с прогнозируемым сроком службы от 50 лет в условиях эксплуатации объекта;
- использовать новые препараты, доказавшие свою эффективность как минимум успешными испытаниями в лабораториях;
- на случай непредвиденных ситуаций и промахов предусмотреть перспективу контрмероприятий (расконсервация и переконсервация);
- обеспечивать рекомендуемый климат эксплуатации законсервированного объекта и наблюдать за изменениями поверхности, геометрии его деревянных элементов и конструкции.

Историческая древесина имеет различное остаточное состояние, определяемое в мировой практике классом деструкции.

Существует несколько классификаций степени деструкции древесины, наиболее признанными из которых являются три:

– классификация Борсона Кристенсена (Национальный музей Дании) на 3 класса, где определяющим класс параметром является максимальное содержание воды в древесине (формула 1) [1]. При этом в его публикациях приводятся значения плотности и процент распавшихся клеточных стенок (табл. 1);

– классификация Юрия Викторовича Вихрова (проблемная лаборатория модификации древесины БГТУ) на 4 класса (табл. 2) по базисной плотности древесины (пористости) (формула 2) [2];

– классификация Сузан Бравак (Университет Осло) на 5 классов (табл. 3) по состоянию поверхности артефакта (высолы, трещины и отслаивания) [3].

$$U=(m_w-m_0)/m_0 \times 100, \% \quad (1)$$

где  $m_w$  – масса древесины, насыщенной водой;  $m_0$  – масса древесного вещества.

Таблица 1. Классификация Борсона Кристенсена

Класс деструкции	Максимальное водосодержание U, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Степень разрушенности клеточных стенок, %
A	1000-450	100-200	100-80
B	450-150	200-450	80-25
C	150-100	450-550	25-0

Таблица 2. Классификация Юрия Викторовича Вихрова

Класс деградации	Степень деградации общая, %
IV	>60
III	59-40
II	39-20
I	19-0

$$C_d = \frac{\rho_{б.с} - \rho_{б.д}}{\rho_{б.с}} \times 100, \% \quad (2)$$

где  $\rho_{б.с}$  – базисная плотность свежеспиленной древесины, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{б.д}$  – базисная плотность деградированной древесины

Таблица 3 – Классификация Сузан Браовак

Класс	Состояние ухудшения	Признаки ухудшения	Критерии спасения
1	–устойчивые; –малые признаки предшествующего ухудшения; –отсутствие признаков активного ухудшения	–высолы	–предупредительные меры
2	–признаки предшествующего и активного ухудшения (поверхностное взаимодействие и редкие трещины);	–высолы; –отсутствуют или присутствуют в малом количестве (<5) продольные и/или поперечные трещины	–активные и предупредительные меры
3	–признаки предшествующего и активного ухудшения (поверхностное взаимодействие и трещины); –потеря поверхностного материала в процессе обработки	–высолы; –несколько ( $\geq 5$ ) продольных и/или поперечных трещины; –некоторое (<25 %) отслаивание поверхности или потеря материала	–активные и предупредительные меры; –консолидация поверхности и/или физическая опора для переконсервации древесины
4	–признаки предшествующего и активного ухудшения (поверхностное взаимодействие и трещины); –самопроизвольная потеря поверхностного и/или наполняющего материала	–высолы; –несколько ( $\geq 5$ ) продольных и/или поперечных трещины; –обширное ( $\geq 25$ %) отслаивание поверхности или потеря материала	–активные и предупредительные меры; –консолидация поверхности и/или физическая опора для переконсервации древесины
5	–полная деструкция	–все что выше; –разрушение артефакта.	–вне спасения

Для мокрой древесины наиболее целесообразно пользоваться классификацией Борсона Кристенсена, т.к. древесина, длительно находящаяся в воде, может не иметь значительных трещин и расслоений, но при этом иметь хрупкую макроструктуру (значительно истощенные клеточные стенки) и наоборот, древесина имеющая трещины и расслоения способна сопротивляться нагрузкам как свежесрубленная в зависимости от точки приложения и направления действия этих нагрузок. Классификация Сузан Браовак больше подходит для сухой или высушенной деструктированной древесины. Классификация Юрия Викторовича Вихрова является универсальной. Именно по этой классификации плотность ма-

териала является определяющим фактором. Даже современные методы дефектоскопии материалов основаны на контроле плотности и проницаемости материалов.

Так для оценки плотности и проницаемости древесины доступнее использовать ее твердость. При статической нагрузке проверяют твердость самого разрушенного слоя элемента – поверхности древесины [4]. Твердость поверхности оценивают по глубине внедрения игл, заостренных пластин или твердых предметов, имеющих определенный радиус скругления наконечника. Самым популярным прибором для реализации этого метода является твердомер Pilodin [5]. При необходимости определения твердости древесины во внутренних слоях может использоваться Resistograph, принцип работы которого основан на измерении сопротивления ввинчиванию бура [6]. Методы хорошо себя зарекомендовали в практике реставрационных работ, однако у них есть основной недостаток – механическое повреждение поверхности.

Среди неразрушающих методов наиболее точным и информативным является томография рентгеновским излучением или магнитным резонансом [7]. Эти способы крайне дороги и требуют поэлементного контроля после разборки конструкции. Кроме того, излучения такого рода могут спровоцировать нежелательные химические реакции.

Более рациональным решением для контроля состояния древесины в конструкциях, может быть измерение скорости ультразвука при прохождении через материал. Так в БГТУ в рамках магистерской диссертации Чесновского Евгения Викторовича был опробован прибор Пульсар-2.1 для оценки состояния древесины, в т.ч. исторической. Особенностью конструкции прибора является возможность измерения скорости ультразвука, проходящего как насквозь элемента, так и по поверхности с учетом отраженных волн. Получены зависимости для сквозного и поверхностного прозвучивания, позволяющие определить плотность, предел прочности и модуль упругости древесины при статическом изгибе [8]. В настоящий момент методика дорабатывается, зависимости физико-механических свойств от скорости распространения звука уточняются с учетом состояния разрушенной древесины и породы [9]. Была предложена методика использования Пульсар-2.1 для оценки состояния древесины в строительных конструкциях [10].

При обследовании древесины зданий часто возникает потребность в освобождении элемента от обшивки или отделочных материалов (штукатурка, вагонка и др.). В первую очередь обследованию подвергают места риска, выдающие себя по увлажненным и цветным пятнам на штукатурке, деформированию поверхности стен и прилегающих элементов. Покрывной слой над местом контроля убирают на ширину не более 25 см в зависимости от выбранного способа прозвучивания, это может быть только одна доска вагонки длиной от 25 см. Для освобождения поверхности под штукатуркой, необходимо сбить ее долотом или сверлить отверстия проб-



ковым сверлом диаметром до 5 см на глубину покрывающего слоя [10].

В отношении мокрого органического материала, консерваторы сходятся во мнении, что идеальным укрепляющим агентом для исторической древесины может стать субстанция, вытесняющая воду не только из полостей, но и стенок клеток, создающая каркас внутри древесины после отверждения. Учитывая возможность потерять древесину при сушке, сегодня консервация проходит в два этапа. Сначала мокрую древесину пропитывают стабилизирующими компонентами, наполняющими пустоты и замещающими воду, затем сушат для избавления от оставшейся влаги. При этом предпочтение отдают бережной сушке в автоклавах (вымораживанием) [11] или фильтрующих материалах с хорошей влагопроводимостью (опилки, песок и др.) [12].

Такие способы подразумевают пропитку древесины извне и постепенное замещение воды консервантом посредством диффузии. Это очень длительный процесс, занимающий годы и десятилетия. Наибольший интерес представляет введение консерванта на глубину внешним давлением, но осуществить это возможно только при разборке конструкции по элементам и помещении элемента для пропитки в автоклав, имеющий ограниченные размеры. При этом добиться сквозной пропитки элемента сечением более 100 мм будет крайне сложно, т.к. жидкий консервант входит в древесину до тех пор, пока внешнее давление преобладает.

Учитывая перечисленные трудности, более интересным для глубокой пропитки является способ силового инъектирования консерванта через специально подготовленные отверстия (посредством введения иглы) или предварительно встроенный пакер (посредством присоединения транспортирующей агент трубки). Вариант с пакерами, как нам видится, способен помочь в дальнейшем расконсервировать древесину или внести необходимые корректировки с концентрацией защитных средств в древесине.

Нами изучались способы наполнения древесины консолидантами и упрочняющими полимерами посредством инъектирования в ее структуру жидкого компонента с последующим отверждением за счет сшивающего компонента или создания особых условий, активирующих рост количества молекулярных связей. Для этого применяли гидравлические насосы, шланги и специальные пакеры, диаметром, не превышающим 2 мм. Этот способ хорошо зарекомендовал себя при ремонте древесины с любой влажностью, т.к. жидкость не запирается в древесине, а проталкивается от точки ввода по направлению к торцам элемента. При этом в полостях клеток создается избыточное давление и осуществляется принудительное перемещение жидкости в структуре древесины. Интересен факт, что распространение вводимой жидкости поперек волокон хорошо сохранившейся древесины идет в основном в пределах диаметра отверстия, в которое вставлена игла или пакер [13]. При нарастании давления жидкости в случае встречи потока с искривлением волокон перед сучком или иным вросшим предметом или за-

смолком распространение вводимой жидкости наблюдается также и поперек волокон на более значительную величину. Этот способ работает хорошо там, где необходимо локально укрепить элемент конструкции, однако он теряет полезность в случае глубоких трещин, которые не способны сдерживать необходимое для управляемого перемещения давление жидкости, т.е. укрепляющий агент пойдет по пути наименьшего сопротивления – через трещины. Этим способом возможна сквозная пропитка элемента вдоль волокон, что после отверждения полимера позволяет создать ребра жесткости и тем самым армировать потерявшую прочность древесину. Предложенный метод все еще требует более глубокого научного анализа из-за большого количества влияющих факторов. Предварительно определены предварительные диапазоны варьирования задаваемых параметров технологического процесса пропитки.

Такой способ пропитки поможет решать основную проблему консервации прошлых лет – расконсервация, т.к. под давлением можно подавать и жидкие растворители и газы.

При значительном присутствии трещин на поверхности деревянных элементов лучше использовать более привычный способ введения консерванта – панельную диффузионную пропитку [14], но для этого все же придется демонтировать облицовку, чтобы крепить питающие панели вплотную к защищаемой древесине. Этот способ лучше подходит для обработки открытых участков древесины в конструкциях в случаях если разборка строения недопустима.

История знает много случаев, где глубокая консервация не проводится вовсе, а элементы конструкции заменяют новой свежесрубленной древесиной. Такой подход оправдывает себя с точки зрения ухода от указанных выше проблем с глубокой химической консервацией на долгий период, экономит денежные средства на ближайшие пятьдесят и более лет и дает большую уверенность в устойчивости конструкции.

В музее «Кижы» на протяжении многих лет пытались спасти поврежденную древесину нижних венцов способами химической консервации, естественной инфильтрации и другими, но в результате пришли к решению частичного демонтажа срубов у основания с целью замены или ремонта нижних венцов зданий свежеспиленной древесиной [15].

Проблемы глубокой консервации исторической древесины конструкций должны быть решены не только за счет разработки новых химических препаратов, но и за счет разработки новых способов их введения, а также совершенных подходов к контролю состояния древесины для правильного планирования и выполнения консервации.

## Литература

1. Christensen, B. B. The Conservation of Waterlogged Wood in the National Museum of Denmark. – National Museum of Denmark, 1970. – 118 p.
2. Карпович, С. И. Улучшение свойств древесных материалов методом пропитки / С.И. Карпович, Ю. В. Вихров, В. А. Кныш. – Мн., Обзорная информация / Серия: деревообрабатывающая промышленность, 1978. – 43 с.
3. Braovac, S. An evaluation of the Condition of the Viking Age Collections at the Viking Ship Museum. Viking Ship Seminar, part I: University of Oslo, Oslo – 2002. – Pp 59–68.
4. Казанская С. Ю. Исследование свойств ископаемой древесины и разработка способа стабилизации формы и размеров деревянных предметов из археологических раскопов. Дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. по специальности 05.21.05 – процессы и механизация деревообрабатывающих производств; древесиноведение. Минск 1980. – 152 с.
5. Clarke R.W., Squirrell J.P. The pilodyn - an instrument for assessing the condition of waterlogged wooden objects. Stud Conserv 30, – 1985. – Pp. 177–183.
6. Panter I, Spriggs J. Condition assessments and conservation strategies for waterlogged wood assemblages / P. Hoffmann, T. Grant, J. Spriggs, T. Daley (eds) // Proceedings of the 6th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference, York 1996, Bremerhaven, – 1997. – Pp 185-201.
7. Davis JR., Lerdin A., Wells P., Ilic J. X-ray microtomography of wood. J Inst Wood Sci 12(4), – 1991. – Pp. 259–261
8. Федосенко И. Г., Чесновский Е. В., Мазаник Н. В. Разработка неразрушающего метода оценки состояния древесины конструкций исторических памятников // Труды БГТУ. – 2017. – № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. – С. 273–278.
9. Федосенко И. Г., Чесновский Е. В. Применение эхо-метода для прогнозирования качественных характеристик древесины основных строительных пород // Труды БГТУ. – 2019. – № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. – С. 238–241.
10. Федосенко И. Г., Чесновский Е. В. Методика оперативного анализа состояния древесины построек // Труды БГТУ. – 2018. – № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. – С. 224–229.
11. Ambrose, W.R. Freeze-drying of swamp degraded wood // IIC New York Conference on Conservation of Stone and Wooden Objects, 2nd edition, Vol. 2. – 1970. – Pp. 53–57.
12. Madagaki S. Sposoby konservacyi drewna w Lodakim osrodku archeologicanum // Archeologicks Rozh-ledy, – 1952. – Pp. 442–448
13. Федосенко И. Г., Шкробот М. В. Исследование проницаемости структуры древесины сосны антисептиком на основе карбоната меди // Труды БГТУ. – 2016. – № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. – С. 170–173.
14. Защита древесины. Панельный способ пропитки : ГОСТ 20022.4-75. – Введ. 01.01.1977. – Москва : Издательство стандартов, 1981. – 16 с.

15. Чусов А.А., Скопин В.А., Любимцев А.Ю. О Реставрации Церкви Преображения Господня на острове Кижы / Церковь Преображения Господня на острове Кижы: 300 лет на заонежской Земле //Сборник статей. Петрозаводск: Изд-во Государственный историко-архитектурный и этнографический музей-заповедник Кижы, 2014. – С. 148–157.

### Резюме

В статье приводится перечень правил при консервации объектов историко-культурного наследия из древесины. Дано сравнение классификаций, по которым идентифицируют историческую древесину. Показаны основные проблемы сохранения мокрой археологической древесины. Описываются методы неразрушающего контроля древесины и способы введения консервантов, не требующие разборки конструкций. Приводятся выводы и рекомендации к дальнейшим исследованиям по обозначенным проблемам.

### Abstracts

The article provides a list of rules for the conservation of objects of historical and cultural heritage made of wood. A comparison of the classifications by which historical timber is identified is given. The main problems of preservation of wet archaeological wood are shown. Methods of non-destructive testing of wood and methods of introducing preservatives that do not require dismantling of structures are described. Conclusions and recommendations for further research on the identified problems are presented.