Р.Б. Ахметкалиев
К. Алтынбеков

https://doi.org/10.52967/3007-6528.2023.2.310.314

Рыскали Бактыгереевич Ахметкалиев[1], arb-1977@mail.ru,
Кырым Алтынбеков[1], tengri05@mail.ru
[1]научно-реставрационная лаборатория «Остров Крым»,
г. Алматы, Казахстан

Консервация артефактов из водонасыщенной древесины курганов Берел

В статье описаны методы консервации археологических находок из водонасыщенного дерева, полученных экспедицией Института археологии им. А.Х. Маргулана при исследовании курганов могильника Берел (IV–III вв. до н.э.). Эксперименты, проведенные в научно-реставрационной лаборатории «Остров Крым», привели к разработке эффективных способов консервации деградированной водонасыщенной древесины.

Ключевые слова: спиртовая декомпрессия, древесина, археология, водонасыщенное дерево, консервация, полиэтиленгликоль, пропитка

Рысқали Бақтыгерейұлы Ахметқалиев[1],
Қырым Алтынбеков[1]
[1] «Остров Крым» ғылыми-реставрация зертханасы,
Алматы қ., Қазақстан

Берел обаларының сумен қаныққан ағаштан жасалған артефактілерді консервациялау

Мақалада Ә.Х. Марғұлан атындағы Архееология институты экспедициясының Берел (б.д.д. IV–III ғғ.) қорымының обаларын зерттеу кезінде алынған су сіңген ағаштан жасалған археологиялық табылымның консервациясы әдісі сипатталған. «Остров Крым» ғылыми-реставрациялық зертханасында жүргізілген эксперименттер су сіңген, тозығы жеткен ағашты консервациялаудың тиімді әдісін жасауға ықпал етті.

Түйін сөздер: спирттік декомпрессиялау, ағаш, археология, суға қаныққан ағаш, консервация, полиэтиленгликоль, сіңдіру

Ryskali Akhmetkaliev[1],
Kyrym Altynbekov[1]
[1]scientific restoration laboratory «Ostrov Krym»,
Almaty, Kazakhstan

Conservation of artifacts from the water-saturated wood of the Berel mounds

The article describes the methods of conservation of archaeological finds from watersaturated wood obtained by the expedition of the Margulan Institute of Archaeology during the study of the burial mounds of Berel burial ground (4th–3rd centuries BC). Experiments conducted in the scientific restoration laboratory «Ostrov Krym» led to the development of effective methods for the conservation of degraded water-saturated wood.

Keywords: alcohol decompression, wood, archaeology, water-saturated wood, conservation, polyethylene glycol, impregnation

© 2023 г. Ахметкалиев Р.Б., Алтынбеков К.

Введение

Могильник Берел расположен у восточных границ Республики Казахстан, в высокогорной долине Казахстанского Алтая, на высоте более 1100 м над уровнем моря.

Памятник известен наличием в некоторых курганах линзы вечной мерзлоты. Пониженная температура в захоронении способствовала относительной сохранности предметов из органических материалов. Резкое изменение температурного режима внутри кургана, спровоцированного грабительским вторжением, привело к таянию ледяной линзы и ускоренной деградации органических материалов.

Детали конской сбруи, а также сруб и колода образовали большой комплекс изделий из деградированного водонасыщеного археологического дерева.

Метод консервации. Вследствие длительного нахождения под землёй, в условиях высокой влажности, изделия из дерева оказались в значительной степени насыщенны водой и почвенным раствором. Консервационные и реставрационные работы были начаты 2001 г. и интенсивно проводились до 2010 года. Для определения оптимального метода консервации были опробованы различные консервационные составы и технологии. На основе этих исследований было принято решение, что наиболее оптимальным является использование составов с полиэтиленгликолем (ПЭГ) с молекулярной массой от 400 до 4000.

С 2010 года по настоящее время проводятся работы по совершенствованию методов консервации сухой и влажной древесины, теоретическому обоснованию процессов изменений характеристик древесины при консервации и возможному их математическому описанию [Алтынбеков и др. 2009: 90-96; Ахметкалиев, Алтынбеков 2011; Алтынбеков 2014; Francfort H-P and others 2000:775-806; Hoffman and Jones 1989: 35-65].

Целью этих действий является:

1. Вытеснение минеральных почвенных веществ и почвенной воды из объема деградированной древесины к ее поверхности, испарение влаги путем замены их пропиточным раствором;

2. Перевод инородного вещества из объема и поверхности древесины в раствор консолиданта путем их помещения в пропиточный раствор;

3. Адсорбция пропиточного вещества (ПЭГ) в порах древесины. Создание определенной степени пропитки путем чередования процесса пропитки и сушки для удаления растворителя, необходимого для частичного освобождения пор древесины и добавления следующей порции консолиданта;

4. Создание условий для максимального сцепления волокон древесины с сорбированным ПЭГ для увеличения механической прочности системы термической обработкой изделий после завершения пропитки.

Как происходит деградация древесины и факторы ее ускорения.

Древесина имеет волокнистую структуру с продольными и поперечными связями между собой. Схематический это можно представить в виде каркасной структуры вдоль ствола древесины, которые связаны между множеством поперечных связей. Прочность древесины в целом как материала зависит от прочности и упругости элементов каркаса и надежности поперечных связей. В процессе деградации происходят качественные и количественные изменения строения материала элементов каркаса. Могут происходить уменьшения толщины продольных волокон и местами даже разрывы, количество которых обычно возрастает в наружних слоях. Происходит ослабление и разрыв поперечных связей волокон между собой. Предложенная нами расчетная формула коэффициента упругости каркасной структуры позволяет вычислить степень деградации материала древесины, которая будет использована при проведении работ по консервации и укреплению древесины. Скорость деградации древесины зависит от температуры, химического состава грунта и массо и теплообменных процессов в среде, где находидась древесина.

На сохранность археологической древесины значительное влияние оказывает состав палеопочвы. Накопление элементов в древесине происходит через воду и почву. Степень накопления минеральных веществ в древесине возрастает по мере деградации материала. Наблюдается сильное накопление в древесине железа, марганца, свинца, кадмия, меди, цинка, никеля и кобальта. Большинство из этих элементов являются вредными для живых организмов и их высокая концентрация в палеопочве и накопление в древесине является фактором защиты древесины от биологического разрушения.

Сохранность археологического материала в значительной степени зависит от массо- и теплообмен-

ных процессов в среде, где находидась древесина. Если температура в месте нахождения древесины ниже 0°С и не поднимется выше в течение года массообменные поцессы с окружающей средой не будут происходить. Периодическое оттаивание и последующее замерзание древесины будет способствовать его более быстрому физическому разрушению. Оттаивание древесины и окружающего грунта будет сопровождаться увеличением насыщения древесины водой и почвенной грязью, перетоком некоторых веществ из древесины в почву и уменьшением ее массы.

Консервация водонасыщеной археологической древесины.

В водонасыщенном состоянии древесина содержит определенный объем воды. При потере влаги происходит некоторое сжатие волокон древесины в продольном и поперечном направлениях. Это сопровождается увеличением расстояния между волокнами, напряжением и разрывом связей между ними, образование пор, занятых воздухом. Для исключения этих негативных явлений процесс потери воды должен компенсироваться пропорциональным введением в древесину пропиточного раствора. Нами разработана технология пропитки водонасыщенной древесины, в которой производится вытеснение воды (почвенного раствора) полиэтиленгликолями (ПЭГ) молекулярной массы 1500–4000. Выбор молекулярной массы ПЭГ для пропитки зависит от состояния древесины, степени его деградации. Для древесины большой степени деградации, имеющей меньшую плотность и большую пористость используется ПЭГ-4000. Это, в основном, изделия малых размеров до 50 см. Изделия больших размеров имеют меньшую степень деградации, меньшую пористость и для их пропитки используется ПЭГ-1500 с добавлением ПЭГ-4000 не более 20%. Для пропитки бересты применялся ПЭГ-400 в виде водо-спиртового раствора один к одному с содержанием ПЭГ-400 35–40%.

Пропитка малых изделий производится в термостате при температурах 40–60^{0}С по определенной схеме. На пропитываемое изделие раствор ПЭГ наносится кисточковым методом и помещается в закрывающуюся пластиковую коробку. Режим пропитки состоит из двух этапов: в начале температура устанавливается 55–60^{0}С, раствор ПЭГ наносится один раз в сутки, на втором этапе температура уменьшается до 40-45^{0}С, раствор ПЭГ наносится один раз через 2–3 суток.

При пропитке водонасыщенной древесины для увеличения коэффициента проницаемости пропиточного состава раствора ПЭГ необходимо начинать его использование в высококонцентрированном виде, проводить постоянную подсушку изделия с постепенным уменьшением концентрации используемого ПЭГ в этиловом спирте.

При пропитке водонасыщенной древесины использовался спиртовой раствор ПЭГ без добавления воды. Начальная концентрация ПЭГ 35–40% в этиловом спирте, постепенно уменьшалась до 20%.

При постепенном вытеснении почвенного раствора консолидирующим составом не возникает проблем неравномерной деформации древесины и обусловленного этой причиной разрушения изделия. При пропитке водонасыщенной древесины надо использовать спиртовый, но не водный раствор ПЭГ, т.к. необходимо достижение максимального вытеснения почвенного раствора.

Для пропитки изделий до 50 см использовался кисточковый метод нанесения раствора ПЭГ и изделия помещались в термостат в герметично упакованном виде. Крупные образцы погружались в ванну со спиртовым раствором ПЭГ на 1 сутки, затем их оттуда вытаскивали и в герметично завернутом виде выдерживали 2–3 суток. Но в дальнейшем мы от такой пропитки отказались и пропитку крупных изделий проводили методом распыления спиртового раствора ПЭГ и периодической медленной сушкой, когда изделие находится в герметичной упаковке. Надо уточнить, что герметичность достаточно условная, внутри упаковки свой микроклимат с максимальным содержанием паров спирта и минимальным парциальным давлением воздуха. В сумме давление паров спирта, паров воды от высыхания древесины и воздуха внутри упаковки будет равно внешнему давлению, но будет происходить массообмен и постепенное высыхание древесины. Таким образом процесс пропитки древесины и ее обезвоживание будет происходить одновременно.

Консервация сухой археологической древесины

Деградированная археологическая древесина, особенно сухая, характеризуется продольным и поперечным сжатием волокон древесного материала, которые сопровождаются уменьшением его линей-

ных размеров и объема, ростом пористости. Сжатие волокон древесины приводит к нарушению связей между ними в продольном и поперечном направлениях, уменьшению гибкости этих связей и гибкости самих волокон. При нанесении жидкости в виде пропиточного состава на поверхность изделия происходит неравномерное набухание древесины, связанное с особенностями сорбционных процессов.

Для исключения этих негативных явлений необходимо пропитку деградированной сухой древесины проводить так, чтобы пропиточный раствор ПЭГ в этиловом спирте проникал равномерно во весь объем изделия. Это возможно в случае, когда коэффициент проницаемости пропиточного раствора будет иметь равное значение во всем объеме пропитываемого образца. Это достигается использованием малых концентраций ПЭГ на начальной стадии пропитки (не более 5% ПЭГ в этиловом спирте). Далее, постепенно концентрация ПЭГ увеличивается до 20–25%. Пропитка должна производится в изолированном объеме насыщенной парами спирта. Процесс пропитки может быть представлен в виде адсорбции раствора на поверхности пор древесины, поглощения раствора всем объемом в виде капиллярной конденсации, набухания материала. Все эти процессы возможны только при смачивании раствором поверхности данного материала. Нами показано, что предварительное насыщение образца деградированной сухой древесины парами спирта приводит к увеличению степени проникновения раствора в пропитываемый образец, к ускорению процесса пропитки, исключению его разрушения. Достижение такого эффекта объясняется тем, что предварительное насыщение пор древесины парами спирта увеличивает коэффициент смачивания поверхности для жидкости на спиртовой основе и коэффициент проницаемости для этого раствора. Происходит также рост гибкости древесного материала.

Некоторые общие результаты

Удаление воды из водонасыщенной древесины, особенно археологической, будет приводить к образованию трещин на ее поверхности, размер которых с глубиной уменьшается. Это связано с волокнистой структурой древесины и характером связи между ними. Медленная или бережная сушка не может предотвратить это явление, но она может быть использована при пропитке с применением спиртовых растворов ПЭГ. При постепенном вытеснении воды из водонасыщенной древесины консолидирующим составом не возникает проблем неравномерной деформации древесины и обусловленного этой причиной разрушения изделия. Поэтому для пропитки водонасыщенной древесины надо использовать спиртовый, но не водный раствор ПЭГ, т.к. необходимо достижение максимального вытеснения воды из древесины.

Удаление воды из водонасыщенного образца производится ее одновременным замещением полиэтиленгликолями молекулярной массы 1500 - 4000. Такой процесс предупреждает сжатие волокон древесины от удаления воды. Один раствор – почвенный вытесняется другим – консолидантом. Проникновение высоких концентраций ПЭГ в древесину является медленным процессом. Проникновение высоких концентраций ПЭГ в древесину происходит за счет использования следующей порции раствора ПЭГ более низкой концентрации и тепловой обработки в термостате. Пропитка должна производится в изолированном объеме, насыщенной парами спирта.

Все деревянные изделия в берельских курганах изготовлены из хвойных пород дерева, в основном, лиственница. Размеры небольших изделий до 50 см и толщина не более 3–4 см. Крупные образцы древесины доходили до 2–3 м, с толщиной до 30–50 см. Содержание воды в водонасыщенной древесине составляло от 80–90% до 150–200%. Плотность изделий зависела от степени деградации и была ниже, чем у недеградированной свежей древесины и составляла 0,55–0,40 г/см^3.

Выводы

Длительные и тщательные экспериментальные работы привели к разработке эффективных способов консервации деградированной водонасыщенной древесины из курганов Берел [Алтынбеков и др. 2009: 90-96; Ахметкалиев, Алтынбеков 2011; Алтынбеков 2014; Hoffman and Jones 1989: 35–65].

Применяющиеся составы и методики позволяют консервировать древесину относительно менее затратным способом, сохраняют внешний вид изделий, не требуют создания специального микроклимата для хранения и экспонирования предметов. На основе наших опытов мы рекомендуем хранить изделия после консервации в сухом помещении в закрытом обеме при температуре 20–30^{0}С, относи-

тельной влажности не более 40–50% , без попадания прямых солнечных лучей и интенсивного воздушного потока. После пропитки и чистки изделия имеют твердую структуру и гладкую поверхность. Текстура дерева четко выражена, цвет дерева натуральный, поверхность древесины не крошится. Степень пропитки консолидантом не менее 70%.

ЛИТЕРАТУРА

Алтынбеков К. Возрожденные сокровища Казахстана: опыт научной реставрации. Алматы: Остров Крым, 2014. 360 с.

Алтынбеков К., Ахметкалиев Р., Чарлина Л. Научно-реставрационная лаборатория «Остров Крым»: опыт сотрудничества с археологами // Мәдени мұра. 2009. № 1 (22). С. 90–96.

Ахметкалиев Р.Б., Алтынбеков К. Инновационный патент РК № 24689 «Способ определения степени деградации археологической древесины». Бюллетень изобретений Республики Казахстан. 2011. № 5.

Francfort H-P., Ligabue G., Samashev Z. La fouille d'un kourgane scythe gelé du IVe siècle av. notre ère à Berel' dans l'Altaï (Kazakhstan) // Comptes-rendus des séances de I année - Académie des inscriptions et belles-lettres. 2000. 144 (2). Pp. 775–806.

Hoffman P., Jones M. Structure and Degradation Process for Archaeological Wood // American Chemical Society. 1989. № 225. Pp. 35–65.

REFERENCES

Altynbekov, K. 2014. *Vozrozhdennye sokrovishcha Kazakhstana: opyt nauchnoy restavratsii (Revived treasures of Kazakhstan: experience of scientific restoration).* Almaty: "Ostrov Krym" Publ. (in Russian).

Altynbekov, K., Akhmetkaliev, R., Charlina, L. 2009. In: *Madeni Mura (Cultural heritage),* 1 (22), 90–96 (in Russian).

Akhmetkaliev, R. B., Altynbekov, K. 2011. Innovatsionniy patent RK №24689 "Sposob opredeleniya stepeni degradatsii arkheologicheskoy drevesiny". Byulleten izobreteniy Respubliki Kazakhstan (Innovative patent of the Republic of Kazakhstan No. 24689 "Method for determining the archaeological wood degradation degree". Bulletin of inventions of the Republic of Kazakhstan), 5 (in Kazakh, Russian).

Francfort, H-P., Ligabue, G., Samashev, Z. 2000. In: *Comptes-rendus des séances de I année - Académie des inscriptions et belles-lettres*, 144 (2), 775–806 (in French).

Hoffman, P., Jones, M. 1989. In: *American Chemical Society*, 225, 35–65 (in English).

Мүдделер қақтығысы туралы ақпаратты ашу. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді. / Раскрытие информации о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / Disclosure of conflict of interest information. The authors claim no conflict of interest.
Мақала туралы ақпарат / Информация о статье / Information about the article.
Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 30.03.2023.
Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted for publication: 30.04.2023.
Авторлар жұмысқа бірдей үлес қосты. / Авторы внесли равноценный вклад в работу. / The authors have made an equal contribution to the work.