

Археология және реставрация мәселелері. Ежелгі өнерді зерттеу

Issues of Archaeology and Restoration. Studies of Ancient Art

Вопросы археологии и реставрации. Изучение древнего искусства

УДК 627.257; 628.147.22; 903; 1.2., 9.902.3.(34); 904
МРНТИ 13.51.09

<https://doi.org/10.52967/3007-6528.2025.198.205>

Консервация археологической древесины переводом в окаменевшее состояние

© 2025 г. Ахметкалиев Р.Б., Алтынбеков К., Досаева Д.

Keywords: wood, degradation, protective composition

Түйін сөздер: ағаш, деградация, реставрация, қорғаныс құрамы

Ключевые слова: древесина, деградация, реставрация, защитный состав

R. Akhmetkaliev¹, K. Altynbekov¹, and D. Dosaeva^{2*}

¹Scientific and Restoration Laboratory “Ostrov Krym”, Almaty, Kazakhstan

²National Museum of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

*corresponding author

Conservation of archaeological wood through petrification

The article presents the results of a study of the physicochemical properties of degraded wood recovered from the excavation of Kurgan No. 11 (4th–3rd centuries BC) of the Berel burial ground in the Kazakh Altai, investigated by the international expedition of the Margulan Institute of Archaeology (led by Z. Samashev) in 1998–1999. Based on a comprehensive set of analyses, a technology for cleaning, conservation, and restoration of wooden artifacts was developed. The results of applying this technology for the preservation of both dry and waterlogged wood are presented, and the issue of wood preservation in soil conditions is also discussed.

Citation: Akhmetkaliev, R., Altynbekov, K., Dosaeva, D. 2025. Conservation of archaeological wood through petrification. *Margulan readings–2025*, 198–205 (in Russian).

Р.Б. Ахметкалиев¹, Қ. Алтынбеков¹, Д.Қ. Досаева^{2*}

¹«Остров Крым» ғылыми реставрациялық зертханасы, Алматы қ., Қазақстан

²Қазақстан Республикасының Ұлттық музейі, Астана қ., Қазақстан

*корреспондент авторы

Археологиялық ағашты тасқа айналдыру әдісі арқылы консервациялау

Мақалада 1998–1999 жж. Ә.Х. Марғұлан атындағы Археология институтының (жетекшісі З. Самашев) халықаралық экспедициясы зерттеген Қазақ Алтайы, Берел қорымының № 11 обасынан (б.д.д. IV–III ғғ.) табылған деградацияға ұшыраған ағаштың физика-химиялық қасиеттерін талдау нәтижелері берілген. Зерттеу кешенінің негізінде консервациялау, реставрациялау және заттарды тазалаудың технологиясы қалыптасты. Осы технологияның құрғақ және су сіңірген ағашты сақтау үшін қолдану нәтижелері көрсетіліп, ағашты топырақта сақтау мәселесі қарастырылды.

Сілтеме: Ахметкалиев Р.Б., Алтынбеков К., Досаева Д. 2025. Археологиялық ағашты тасқа айналдыру әдісі арқылы консервациялау. *Марғұлан оқулары–2025*. 198–205-бб. (Орысша).

Р.Б. Ахметкалиев¹, К. Алтынбеков¹, Д.К. Досаева^{2*}

¹Научно-реставрационная лаборатория «Остров Крым», г. Алматы, Казахстан

²Национальный музей Республики Казахстан, г. Астана, Казахстан

*автор-корреспондент

Консервация археологической древесины переводом в окаменевшее состояние

В статье представлены результаты исследования физико-химических свойств деградированной древесины, происходящей из раскопок кургана № 11 (IV–III вв. до н.э.) могильника Берел, Казахский Алтай, исследованного международной экспедицией Института археологии имени А.Х. Маргулана (рук. З. Самашев) в 1998–1999 гг. На основании комплекса исследований разработана технология очистки предметов, консервации и реставрации. Показаны итоги применения этой технологии для сохранения сухой и водонасыщенной древесины; рассмотрен вопрос сохранения древесины в грунте.

Цитирование: Ахметкалиев Р.Б., Алтынбеков К., Досаева Д. 2025. Консервация археологической древесины переводом в окаменевшее состояние. *Маргулановские чтения–2025*. С. 198–205.

Введение

Сохранение исторического наследия, извлечённого при археологических раскопках, является основной задачей консервации и реставрации. В последние годы при проведении археологических работ обнаружено большое количество изделий из древесины. Степень их сохранности является не одинаковой, т.е. они имеют различную степень деградации древесины. Разрушение древесины зависит от вида дерева и от окружающей среды. Деградация, вызываемая действием природных факторов, обусловлена физическими (механическими) воздействиями, влиянием различных химических веществ и бактериальным разрушением [Ахметкалиев и др. 2004; Ахметкалиев, Алтынбеков 2012; Горбунов и др. 2000; Ахметкалиев 2000].

Действие указанных факторов приводит к тому что древесина начинает быстро разлагаться. Причина – тот факт, что она содержит сахарозы (целлюлозы), которые являются предпочтительной для пищевых микроорганизмов, таких как бактерии и грибы, а также происходит химический процесс изменений под действием воды, кислорода и других факторов окружающей среды. Даже современная хорошо обработанная прессованная древесина не может избежать разложения. Скорость, с которой происходит этот процесс, определяется температурой, влажностью, наличием кислорода и типом древесины. При нормальных условиях большинство деревьев полностью разлагается в течение нескольких десятилетий. Виды деревьев, которые наиболее медленно разлагаются, например, складчатая или гигантская туя (*Western Red Cedar*), исчезают полностью за 150 лет.

Краткая характеристика объекта исследования

Берельский курган № 11 расположен в Восточном Казахстане, в урочище Берел, в долине реки Бухтармы (Катон-Карагайский район). Он является частью курганного могильника, включающего свыше сотни, в том числе крупных, погребальных сооружений раннего железного века.

Курган был исследован в 1998–1999 гг. в ходе работ совместной казахстанско-французской экспедиции под руководством Зайноллы Самашева (Институт археологии имени А. Х. Маргулана, г. Алматы). Погребальный комплекс датируется концом IV — началом III века до н. э., тесно связан с пазырыкской археологической культурой [Самашев 2011; Руденко 1953: 11–24].

Благодаря условиям подкурганной мерзлоты, в кургане № 11 сохранились уникальные артефакты: мумифицированные останки знатного представителя раннекочевнического общества, 13 жертвенных лошадей, конское снаряжение, фрагменты ткани и войлока, деревянные конструкции, другие изделия из органики. Это одно из ключевых археологических открытий на территории Казахстана конца XX века. В 2008 году некрополь Берел получил статус национального историко-культурного и природного заповедника.

Материалы и методы. Результаты

Феномен сохранения органического материала, способность пережить захоронение очень интересен: такие материалы являются частью природного цикла уничтожения. Имеются различные примеры сохранения органического материала, например, погребениях с подкурганной мерзлотой в Горном Алтае или так называемая окаменевшая древесина и его аналог – мореная древесина. Имеются также случаи хорошего исторического сохранения органики в подводных прибрежных песках в Египте и водопропитанной древесины в грунте под землей [Magdalena Broda, Callum A. S. Hill 2021].

Во всех этих случаях имеется действие комплекса природных факторов, которые замедляют или полностью останавливают неблагоприятное разрушающее воздействие. В кургане № 11 часть убранства лошадей не сохранилась вследствие отсутствия линзы мерзлоты из-за нарушенного грабителями температурно-влажностного режима внутри погребальной камеры [Ахметкалиев и др. 2004].

В процессе работы над находками из кургана, нами проведён большой объём исследований по разработке методов консервации сухой и водопропитанной археологической древесины. При их проведении учитывались физико-химические процессы взаимодействия консолиданта с пропитываемым объектом, т. е. с древесиной.

На фотографиях показаны изделия из Берельского кургана № 11 (рис. 1) до и после завершения пропитки, а так же реставрационных мероприятий.

Обсуждение

Выбор метода консервации конкретного материала зависит от степени его деградации, которая во многом определялась условиями исторического местонахождения. В рассмотренных нами материалах возраст древесины составляет более двух тысяч лет. В этих условиях действующими факторами сохранения являлись замораживание в грунте, водопропитанность, антисептическое действие некоторых компонентов грунта места находки. Действие указанных факторов иногда дополнялось влиянием биологического материала захоронения или тормозилось внешним воздействием разрушителей или грабителей этих сооружений. В силу вышеуказанного нами была рассмотрена древесина различной степени сохранности [Ахметкалиев 2018]. Нужно отметить, что окаменение и морение древесины проявились в незначительной степени из-за недостаточного исторического срока.

Основной экспериментальный материал авторами получен из исследования кургана № 11 мог. Берел Казахстанской части Алтая. В этих местах создавались условия для промерзания пород вокруг захоронений путём создания каменного кургана из крупнообломочного материала как аккумулятора холода. В нижней части таких конструкций образовывались локальные области многолетней подкурганной мерзлоты [Горбунов и др. 2000]. Подкурганная мерзлота обеспечивала хорошую сохранность древесины, отсутствие контакта материала с кислородом, водой и микроорганизмами. Но эти идеальные условия сохранения были частично разрушены грабителями и ослабленное действие холода в некоторой степени компенсировались условиями водопропитанности и антисептическим действием компонентов грунта.

Процесс окаменения, иными словами минерализации органических остатков, происходит под землёй внутри кургана, когда дерево оказывается погребённым под массивной каменно-земляной насыпью, но не разрушается из-за отсутствия кислорода и низкой температуры, вызванной подкурганной мерзлотой. Богатая минеральными веществами вода, проникающая сквозь слои грунта и органики, приносит минералы и его растворённые вещества в клетки растения. Постепенно, по мере разложения лигнина и целлюлозы, древесина замещается минералами, и на её месте образуется камень, повторяющий первоначальную форму и сохраняющий структуру ори-



Рис. 1. Водонасыщенная археологическая древесина до (1) и после (2, 3) консервации.
Моги́льник Берел, курган № 11. Раскопки 1999 г.

Фото: архив научно-реставрационной лаборатории «Остров Крым»

1-сур. Су сіңген археологиялық ағаштың консервацияға дейінгі (1) және кейінгі (2, 3) түрі .
Берел, № 11 оба. 1999 ж. қазба.

Фотосурет: «Остров Крым» ғылыми-реставрациялық зертханасы архивінен

Fig. 1. Waterlogged archaeological wood before (1) and after (2, 3) conservation.
Berel burial ground, kurgan No. 11. Excavations of 1999.

Photo by Archive of the "Ostrov Krym" Scientific Restoration Laboratory

гинала. При этом все органические вещества замещаются минералами (зачастую силикатами, такими как кварц), а оригинальная микроскопическая структура дерева сохраняется.

Нами разработан метод консервации древесины путем перевода пропитываемого материала в окаменелое состояние. Преимуществом такого метода является то, что изделие после пропитки силикатным составом становится очень твёрдым, не подвержен действию микроорганизмов и насекомых, в том числе термитов, приобретает антипиреновые свойства.

Нами проведён анализ микроэлементного состава палеопочвы, костной ткани и археологической древесины. Он показал, что в палеопочве не имеется кремнийорганических соединений, т.е. в берельских курганах нет условий для окаменения древесины. Но этот анализ может дать большой объём информации о жизни человека, о его связи с конкретной территорией, о его миграции. Организмы избирательно поглощают нужные им вещества, которая характеризуется коэффициентом биологического поглощения. Но одновременно имеет место накопление в организмах некоторых вредных веществ.

По степени накопления все элементы подразделяются на вещества энергичного накопления (фосфор, сера, йод, бром), сильного накопления (цинк, бор), среднего накопления (никель, медь, марганец, олово, железо, ртуть) и слабого накопления (алюминий и др.). Многие из этих соединений относятся к тяжёлым и токсичным веществам (при избытке), другие – к жизненно необходимым. Геохимическая среда влияет на человека через воду и рацион питания, накопление элементов в древесине происходит через воду и почву.

Нами были проведены определения содержания некоторых элементов в почве кургана Берел (в палеопочве, археологической древесине и костях лошадей этих курганов). Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание некоторых элементов в древней почве кургана № 11 мог. Берел, древесине и кости в мг/кг
1-кесте – Берел қорымы № 11 обасының ежелгі топырағындағы кейбір элементтердің құрамы, ағаш пен сүйектің мг/кг есебімен
Table 1 – Content of certain elements in ancient soil from kurgan No. 11, Berel, wood, and bone in mg/kg

Наименование образцов Элементы	Палео Почва 1	Палео Почва 2	Древесина 1	Древесина 2	Кость 1	Кость 2
Na	412,0	359,0	266,8	251,0	3795,2	4170,1
K	3262,0	2475,0	251,0	152,2	235,8	371,7
Ca	42063,0	48151,0	7436,0	10342,4	117650,9	225347,5
Mg	7294,0	6418,0	867,0	656,0	996,7	987,7
Fe	16090,0	11665,0	2194,1	4250,8	2664,3	945,2
Mn	309,0	374,0	103,5	80,8	374,6	95,9
Pb	41,7	50,2	11,9	27,9	55,0	50,6
Cd	14,2	3,4	1,2	0,32	7,5	3,7
Cu	26,2	64,0	2593,5	99,2	31,2	15,4
Zn	20,8	56,2	11,7	153,9	402,6	560,9
Ni	28,5	27,7	16,2	19,4	12,6	9,7
Co	10,7	11,0	3,3	3,8	8,1	6,2

Анализ таблицы показывает, что наблюдается сильное накопление в кости цинка, значительно превышающее допустимое значение (300 мг/кг). Имеет место значительное накопление в кости свинца, превышающее допустимое значение в три раза и аналогично для марганца. Содержание меди близко к предельному. Анализ содержания соединений металлов в древесине показал, что они имеются в очень высоком количестве. Был проведён сравнительный анализ содержания олова в палеопочве кургана мог. Берел и почвах других регионов, который показал, что концентрация этого элемента в палеопочве увеличено в 8–10 раз. Олово также относится к элементам, проявляющим вредное воздействие при высоких концентрациях.

Заключение

Степень накопления минеральных веществ в древесине возрастает по мере деградации материала. Анализ зольности трёх образцов древесины, отличающихся степенью деградации: сильная деградация, слабая деградация и свежая древесина показал, что она составляет – 21,8%; 8,2%; 0,4%.

Сопоставительный анализ содержания цинка и меди в почве и археологической древесине с содержанием этих тяжелых металлов в эффективных антисептических средствах для обработки древесины против гниения показывает близость их по концентрации. Кроме того, при взаимодействии смолистых веществ древесины, жиров органического происхождения с тяжелыми металлами образуются соединения, также обладающие антисептическими свойствами для древесины. Это свидетельствует о том, что почва данного региона обладает определёнными антисептическими свойствами. Поэтому можно утверждать, что при хорошей подземной изоляции, наличии водонасыщенности, соблюдении условий аккумуляции холода созданием кургана, древние кочевники создавали условия для длительного исторического сохранения содержания захоронений. Проявление начальных процессов окаменения и морения подтверждается значительным накоплением в древесине кальция, магния, железа, меди.

Кроме этого, по мере увеличения степени деградации органический материал древесины заменяется неорганическими веществами из почвы, о чём свидетельствует рост зольности древесного материала. Из научных источников известно [Неклюдов, Иванкин 2005], что окаменение – это процесс замены органических соединений минералами. Процесс окаменения происходит под землёй, когда дерево оказывается похороненным под осадком, но не портится из-за недостатка кислорода. Богатая минеральными веществами вода, текущая сквозь осадок, приносит минералы в клетки растения, и когда лигнин и целлюлоза распадаются, остаётся камень, повторяющий первоначальную форму. При этом все органические вещества замещаются минеральными. Морение по происходящим процессам в древесине близко к окаменению, но отличается тем, что оно происходит при нахождении дерева под водой и слоем ила.

Выводы

На основании комплексного анализа физико-химических свойств древесины, полученной в результате раскопок кургана № 11 некрополя Берел, а также оценки условий её сохранения, была разработана и апробирована технология консервации. Она позволяет перевести археологическую древесину в состояние, подобно тому, как она сохраняется в природе, переходя в положение окаменения. В основе подхода лежит пропитка находок силикатными составами, обеспечивающая частичную минерализацию деградированных органических структур. В отличие от естественного процесса окаменения, при котором органика полностью замещается минеральными компонентами, предложенный метод сохраняет возможность дальнейшего проведения научных исследований, включая трасологический, изотопный и молекулярный анализы древесины, а также реконструкцию технологических и культурных аспектов её использования в древности.

Пропитанная силикатами древесина демонстрирует значительное повышение механической прочности, приобретает устойчивость к воздействию микроорганизмов, насекомых-деструкторов, к гниению, а также антипиреновые свойства. Таким образом, технология обеспечивает долговременную стабилизацию археологического материала и его защиту от биологических и климатических факторов. Однако реализация этой устойчивости возможна при соблюдении корректных условий хранения.

Учитывая использование полиэтиленгликоля (ПЭГ) различных молекулярных масс на разных этапах пропитки древесины, следует обеспечить строго регламентированный температурно-влажностный режим: относительная влажность воздуха не выше 50–55%, температура хранения в пределах +16...+19 °С, стабильная вентиляция и отсутствие резких колебаний микроклимата. Несоблюдение этих условий может привести к кристаллизации или миграции компонентов ПЭГ, что повлечёт вторичное разрушение материала.

Таким образом, технология направленного силикатного консервирования археологической древесины представляет собой не только эффективный способ долговременного сохранения, но и научно оправданную альтернативу процессу естественного окаменения, позволяющую совместить задачи стабилизации и последующего исследования культурного наследия.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ахметкалиев Р.Б. Некоторые вопросы анализа и консервации археологической древесины // Альманах. Культура. 2018. № 3. С. 28–35.
- 2 Ахметкалиев Р.Б., Алтынбеков К. Применение нанотехнологий в консервации археологической древесины // Изденіс-Поиск. Сер.естеств. и техн. наук. 2012. № 4 (1). С. 12–16.
- 3 Ахметкалиев и др. 2004: Ахметкалиев Р.Б., Алтынбеков К., Самашев З.С. Консервация и реставрация деградированной древесины Берельского кургана № 11. Алматы, 2004. 96 с.
- 4 Горбунов и др. 2000: Горбунов А.П., Самашев З.С., Северский Э.В. Вечная мерзлота — хранительница древностей. Алматы: ИА, 2000. 44 с.
- 5 Неклюдов А.Д., Иванкин А.Н. Консервация древесины — один из методов сохранения лесного богатства страны // Лесной вестник. 2005. № 5. С. 77–89.
- 6 Руденко С.И. Культура населения Горного Алтая в скифское время. М.; Л.: АН СССР, 1953. 387 с.
- 7 Самашев З. Берел. Алматы: Таймас, 2011. 236 с.
- 8 Magdalena Broda, Callum A. S. Hill. Conservation of Waterlogged Wood—Past, Present and Future Perspectives // Forests. 2021. № 12 (9). 1193. DOI: [10.3390/f12091193](https://doi.org/10.3390/f12091193)

REFERENCES

- 1 Akhmetkaliev, R. B. 2018. In *Almanah. Kultura (Almanac. Culture)* 3, 28–35 (in Russian).
- 2 Akhmetkaliev, R. B., Altynbekov, K. 2012. In *Izdenis-Poisk. Ser. estestv. itekhn. nauk (Izdenis–Poisk, Series of Natural and Technical Sciences)* 4 (1), 12–16 (in Russian).
- 3 Akhmetkaliev et al. 2004: Akhmetkaliev, R. B., Altynbekov, K., Samashev, Z. S. 2004. *Konservatsiya i restavratsiya degradirovannoj drevsesiny Berelskogo kurgana no. 11 (Conservation and Restoration of Degraded Wood from Berel Kurgan no. 11)*. Almaty (in Russian).
- 4 Gorbunov et al. 2000: Gorbunov, A. P., Samashev, Z. S., Severskiy, E. V. 2000. *Vechnaya merzlota — khranitelnitsa drevnostej (Permafrost – the Keeper of Antiquities)*. Almaty: Margulan Institute of Archaeology (in Russian).
- 5 Neklyudov, A. D., Ivankin, A. N. 2005. In *Lesnoy Vestnik (Forest Bulletin)* 5, 77–89 (in Russian).
- 6 Rudenko, S. I. 1953. *Kultura naseleniya Gornogo Altaya v skifskoe vremya (The Culture of the Population of the Altai Mountains in the Scythian Period)*. Moscow; Leningrad: USSR Academy of Sciences (in Russian).
- 7 Samashev, Z. 2011. *Berel*. Almaty: “Taimas” Publ. (in Russian).
- 8 Magdalena Broda, Callum A. S. Hill. 2021. In *Forests* 12 (9), 1193 DOI: [10.3390/f12091193](https://doi.org/10.3390/f12091193).

CRediT authorship contribution statement

R. Akhmetkaliev: conceptualization, formal analysis, preparation of materials for publication, and manuscript review.
K. Altynbekov: conceptualization, formal analysis, preparation of materials for publication, and manuscript review.
D. Dosaeva: conceptualization, formal analysis, preparation of materials for publication, and manuscript review.

Авторлық үлес

Р.Б. Ахметқалиев: концептуализация, талдау, қолжазбаны жазу және рецензиялау.
Қ. Алтынбеков: концептуализация, талдау, қолжазбаны жазу және рецензиялау.
Д.Қ. Досаева: концептуализация, талдау, қолжазбаны жазу және рецензиялау.

Вклад авторов

Р.Б. Ахметкалиев: концептуализация, формальный анализ, написание и рецензирование рукописи.
К. Алтынбеков: концептуализация, формальный анализ, написание и рецензирование рукописи.
Д.К. Досаева: концептуализация, формальный анализ, написание и рецензирование рукописи.

About the Authors

Akhmetkaliev Ryskali – Candidate of Chemical Sciences, Chemical technologist, Scientific and restoration laboratory “Ostrov Krym”, Almaty, Kazakhstan.

ORCID: [0000-0002-4787-937X](https://orcid.org/0000-0002-4787-937X) E-mail: arb-1977@mail.ru

Altynbekov Kyrym – director, Scientific and restoration laboratory “Ostrov Krym”, Almaty, Kazakhstan.

ORCID: [0000-0002-9697-8681](https://orcid.org/0000-0002-9697-8681) E-mail: tengri05@mail.ru

Dossayeva Dana – Head of the Conservation and Restoration Service, National Museum of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan.

ORCID: [0000-0002-0383-935X](https://orcid.org/0000-0002-0383-935X) E-mail: danatengri@gmail.com

Авторлар туралы мәліметтер

Ахметқалиев Рысқали Бақтыкерейұлы – химия ғылымдарының кандидаты, химик-технолог, “Остров Крым” ғылыми-қалпына келтіру зертханасы, Алматы қ., Қазақстан

Алтынбеков Қырым – директор, “Остров Крым” ғылыми реставрациялық зертханасы, Алматы қ., Қазақстан

Досаева Дана Қырымқызы – консервациялау және реставрациялау қызметінің басшысы, Қазақстан Республикасы Ұлттық музейі, Астана қ., Қазақстан

Сведения об авторах

Ахметкалиев Рыскали Бактыгереевич – кандидат химических наук, химик-технолог, Научно-реставрационная лаборатория «Остров Крым», г. Алматы, Казахстан

Алтынбеков Крым – директор, Научно-реставрационная лаборатория «Остров Крым», г. Алматы, Казахстан

Досаева Дана Кырымовна – руководитель службы консервации и реставрации, Национальный музей Республики Казахстан, г. Астана, Казахстан

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: 18.05.2025.

Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted for publication: 02.06.2025.

