

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСУДОВ С ПРИМЕСЬЮ АСБЕСТА

© 2023

Холкина М.А.^{1,2}, Жульников А.М.³, Муравьев Р.И.^{1,2}, Кулькова М.А.⁴, Кulkov А.М.¹, Данилов Г.К.², Герасимов Д.В.²¹Санкт-Петербургский государственный университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)²Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН
(г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)³Петрозаводский государственный университет (г. Петрозаводск, Российская Федерация)⁴Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена
(г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Аннотация. Традиция добавления асбеста в качестве примеси в керамику зародилась в районе месторождений этого минерала на оз. Сайма в Финляндии в V тыс. до н.э., и ко второй половине IV тыс. до н.э. ее ареал на востоке достиг Архангельской и Вологодской областей. Целью работы стала проверка «функциональной» гипотезы, согласно которой широкое распространение асбеста как примеси обусловлено его преимуществами перед иными добавками – облегчением процесса лепки и сушки, предотвращением брака при обжиге, приданием сосуду прочности и удобства в использовании. По результатам проведенных нами экспериментов по изготовлению сосудов и эталонов-образцов с асбестом, пухом и дресвой, выяснилось, что использовавшийся асбест Чевжаварского месторождения (тремолит-ферроактинолит) такими преимуществами не обладает. Важнейшей проблемой стала диссоциация асбеста при температуре выше +700°C. При таком обжиге сосуды разрушались, а сам асбест становился хрупким. Можно предположить, что для минимизации потерь при обжиге сосудов древние мастера могли предварительно выдерживать асбест при высокой температуре, чтобы он потерял основной объем воды, но не лишился прочности. Предварительно можно заключить, что примесь асбеста на ранней стадии использования не обладала явными преимуществами перед иными добавками. Причиной изначального интереса к асбесту как примеси могли быть иные, социокультурные факторы. Особая развитая технология работы с асбестом, которая позволяла использовать его преимущества, распространилась приблизительно с началом бронзового века и может быть связана с началом обработки металлов.

Ключевые слова: асбестовая керамика; асбест; археологический эксперимент; моделирование древней технологии; неолит; энеолит; эпоха раннего металла; Фенноскандия; Карелия; Ленинградская область; обжиг керамики.

THE EXPERIMENTAL MODELING OF ASBESTOS-TEMPERED VESSELS

© 2023

Kholkina M.A.^{1,2}, Zhulnikov A.M.³, Muravyev R.I.^{1,2}, Kulkova M.A.⁴, Kulkov A.M.¹, Danilov G.K.², Gerasimov D.V.²¹Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation)²Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of Russian Academy of Sciences
(Saint Petersburg, Russian Federation)³Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)⁴Herzen State Pedagogical University of Russia (Saint Petersburg, Russian Federation)

Abstract. The tradition of mixing asbestos into pottery clay originated near the deposits of this mineral on the lake Saimaa (Finland) in the 5th millennium BC. By the second half of the 4th millennium BC its area reached the Arkhangelsk and Vologda Regions of Russia in the east. The aim of the work is to review the «functional» hypothesis, according to which the widespread use of asbestos as an admixture is due to its advantages over other additives – facilitating the process of molding and drying, preventing flaws during firing, making the vessel durable and easy to use. According to the results of our experiments on the making of vessels and model samples with asbestos it turned out that the used asbestos of the Chevzhavara deposit (tremolite-ferroactinolite) does not have such advantages. The most important problem was the dissociation of asbestos at temperatures above +700°C. After such firing, the vessels were destroyed, and the asbestos itself became brittle. It can be assumed that in order to minimize losses during the firing, the ancient potters could beforehand hold the asbestos at a high temperature so that it would lose the main amount of water but keep its stability. It can be preliminarily concluded that asbestos admixture at an early stage of use did not have clear advantages over other additives. The reasons for the initial interest in asbestos as an additive could be other, e.g. socio-cultural. A special developed technology for processing asbestos, which made it possible to use its advantages, spread around the beginning of the Bronze Age and may be associated with the beginning of metalworking.

Keywords: asbestos-ceramics; asbestos; archaeological experiment; modeling of ancient technology; Neolithic; Eneolithic; Early Metal Age; Fennoscandia; Karelia; Leningrad Region; ceramic firing process.

Введение

Традиция добавления асбеста в качестве примеси в керамике на территории Фенноскандии и прилегающих областей северо-запада России представляет собой своего рода феномен. Она зародилась в районе оз. Сайма в V тыс. до н.э. [1, р. 63; 2, р. 28]. Особенно широко ареал асбестовой керамики разрастается во второй половине IV тыс. до н.э., доходя на востоке до Архангельской и Вологодской областей [3; 4, р. 234]. Позднее, в бронзовом и железном веке, асбестовая керамика распространяется на север и запад Фенноскандии, доживая там до эпохи переселения народов [5, р. 62–75]. История изучения керамики с примесью асбеста на территории Фенноскандии насчитывает более 150 лет. За этот период исследователями выделено не менее 20 типов керамики с асбестом, бытовавших без перерывов на протяжении без малого 5000 лет (около 4300 г. до н.э. – 500 г. н.э.). Асбестовой керамике отдельных регионов посвящен ряд обобщающих работ [1–3; 5–15].

Распространение керамики с примесью асбеста неразрывно связано с близостью месторождений этого минерала. Во всем мире зафиксировано несколько тысяч рудопроявлений асбеста, наиболее крупные залежи известны в России, Канаде, Китае, Южной Африке [16, с. 18–47]. И хотя известны случаи использования асбеста как примеси в керамике на Корсике, в Корее, на Урале [17; 18, р. 270; 19], столь масштабно эта традиция проявила себя лишь в регионе Фенноскандии и прилегающих областях северо-запада России.

Природные проявления асбеста в восточной Фенноскандии локализируются компактно в границах Балтийского кристаллического щита, но асбестовая керамика встречается и за несколько сот километров от границ этой зоны [20]. Это делает примесь асбеста важным индикатором перемещений и контактов человеческих коллективов в древности [1, р. 63; 21], а также уникальным источником по изучению развития керамических традиций [22]. Основной вопрос, касающийся этой проблематики: почему асбест начали использовать в качестве примеси при изготовлении керамики и почему асбестовая керамика бытовала столь долго и на столь большой территории, периодически расширяя границы распространения, несмотря на ограниченность проявлений асбеста в природе? Наиболее часто в научных работах предпочтение отдается «функциональной» гипотезе; рассмотрению её обоснованности и экспериментальному изучению процесса изготовления асбестовой посуды посвящено настоящее исследование.

Согласно «функциональной» гипотезе, асбест обладает особыми преимуществами перед иными примесями – облегчает процесс лепки и сушки, предотвращает брак при обжиге, придаёт сосуду прочность и удобство в использовании [2, р. 12; 6, р. 19; 23, р. 20; 24, р. 198]. Однако до настоящего момента отсутствуют опубликованные результаты подробно задокументированных экспериментов, позволяющих обосновать данные предположения.

Целью настоящего исследования является проверка гипотезы о функциональном превосходстве асбеста над другими примесями, использовавшимися древним населением Северной Европы. В задачи работы входит анализ опубликованных сведений о преимуществах асбестовой примеси при изготовлении

керамики; определение положений, требующих экспериментальной проверки; составление программы экспериментов для проверки выделенных положений; документирование хода экспериментов; анализ результатов экспериментов.

Необходимо оговориться, что в данной работе речь пойдет о моделировании технологии изготовления керамики эпохи неолита и раннего металла (ранняя асбестовая керамика, Кауниссаари, ТГЯ с асбестом, Киерикки, Пелья, Войнаволок и Оровнаволок). Их отличительными чертами является сравнительная толстостенность сосудов; чаще округлое, нежели плоское, донце; «неолитоидный» орнамент (см., например, [9; 25; 26]). Функционально они, вероятнее всего, служили для приготовления пищи, о чем может говорить нагар на внутренней и внешней поверхности (см., напр., [15; 26; 27]).

История вопроса

Примеров публикаций, кратко освещающих экспериментальное моделирование асбестовой керамики, немного, поэтому представляется возможным описать каждый из них. Один из экспериментов с асбестовой керамикой опубликован финским археологом Торстеном Эдгреном (Torsten Edgren): «Были сделаны глиняные сосуды с примесью асбеста, изготовленные по методике каменного века, чтобы проверить их прочность. Результаты показали, что прочность сосудов увеличивается почти в 20 раз при выдерживании давления от 10 кг/см² до 175 кг/см². Сосуд с 25%-ной примесью асбеста выдерживает 100-кратное падение на бетонный пол с высоты 1 м без каких-либо повреждений, что трудно понять, когда видишь, в каком хрупком состоянии обнаруживается асбестовая керамика на поселениях. Таким образом, керамика с асбестом означала большой технический прогресс» [23, р. 22]. В то же время, по результатам экспериментов, проведенных А.М. Жульниковым в 2000-е годы, преимущества асбеста как примеси «не очень очевидны» [20, р. 330].

В дипломной работе выпускницы университета Хельсинки Сату Линделл (Satu Lindell) приведены интересные замечания о том, как волокнистые примеси (замена асбесту ввиду опасности работы с ним) ведут себя при лепке сосудов. Подтверждается тезис о том, что волокна располагаются параллельно стенке сосуда, ставится вопрос о сложности работы с асбестом при высокой концентрации примеси. Делается вывод о необходимости в таком случае использовать очень влажную смесь, формы для отливки, либо пресс (скалку, лопаточку и наковаленку) [28, р. 35].

Малое количество публикаций, посвященных экспериментам с примесью асбеста, можно объяснить как редкостью экспериментов по изготовлению керамики в целом [29], так и опасностью асбеста для здоровья [28, р. 35]. Основная часть работ в изучении асбестовой керамики посвящена либо хронологии, либо вопросам типологического сопоставления групп керамики и их морфологическому описанию. В таких публикациях приводятся следующие положения о свойствах асбеста как примеси в керамике:

1. Примесь асбеста обладает особым скрепляющим или связывающим эффектом, что позволяет получать сосуды с очень тонкими стенками при сохранении значительных размеров. Неразрывным следствием тонкостенности является легкость сосуда [2, р. 12; 6, р. 19; 23, р. 20; 24, р. 198; 30, с. 129].

2. То же свойство «скреплять» стенки сосудов делает асбестовую керамику значительно более прочной [2, р. 12; 6, р. 19; 23, р. 20; 24, р. 198; 30, с. 129].

3. Еще одно важное свойство асбеста как минерала – огне- и кислотоупорность. Асбест обладает очень низкой теплопроводностью, не деформируется и не разрушается при обжиге [1, р. 63; 2; 30, с. 129]. По мнению некоторых исследователей, это делает асбестовую керамику удобной для нагревания и приготовления пищи. Этот последний аспект представляется особенно спорным, так как относительно него высказывались противоположные точки зрения (см. [20, с. 330; 31]).

Для достижения этих полезных свойств асбест нужно правильно подготовить: разделить на длинные тонкие волокна, а, к примеру, не раздробить на кусочки или в пыль [1, р. 42; 2]. Кроме того, есть признаки, которые в неолите и в эпоху раннего металла свойственны именно керамике с асбестом и также могут быть обусловлены ее технологическими особенностями. К ним относится Г-образный загнутый внутрь венчик [32; 28; 26], расчески на внутренней и (реже) наружной поверхности и поверхностная орнаментация, так как асбест затрудняет нанесение глубоких ямок и оттисков штампа [2; 6; 9, с. 41; 23, с. 23; 24; 33, с. 50; 34].

Другой особенностью этой примеси является ее значительная концентрация – до 50–70% в эпоху неолита и раннего металла (по результатам петрографических анализов фрагментов керамики, выполненных М.А. Кульковой) [4, р. 249–250; 35, с. 202; 36] и свыше 90% в более поздние периоды [5, р. 14–15; 37, р. 38]. В то же время иные примеси, как минеральные, так и органические, в рассматриваемый период обычно составляют меньшие концентрации.

В широком контексте технологии изготовления керамики такая примесь, как асбест, упоминается редко (напр., [38, с. 21]), в то время как для иных примесей, широко распространенных в регионе на рубеже неолита и эпохи раннего металла (пуха и пера водоплавающих птиц, раковины и кальцинированной кости, измельченной растительности и шерсти, дресвы гранито-гнейсовых пород, песка, шамота), в литературе довольно подробно описаны свойства (см. [38–42]). В целом известно, что минеральные компоненты служат отошителями (уменьшают степень растрескивания от резкого перепада температур при обжиге и снижают усадку), а органические прежде всего уменьшают усадку и в ряде случаев делают формовочную массу более пластичной, облегчая лепку [42]. Асбест является минеральной примесью, однако от прочих он отличается тем, что имеет слабую теплопроводность, чем уменьшает эффект «прогрева» стенки сосуда изнутри при обжиге. Этот фактор становится особенно важным в случае с сосудами с толстыми стенками, у которых при обжиге внешняя поверхность стенок нагревается и «пропекается» быстрее, чем сердцевина, что приводит к растрескиванию стенок и разрушению сосуда. Крупные включения волокон асбеста должны уменьшать усадку, но при этом они не выгорают подобно органике и могут, напротив, служить негативным фактором в случае сильной степени усадки самой глины.

В целом в упрощенной форме наиболее распространенную на данный момент гипотезу можно сформулировать так: примесь асбеста по своим функ-

циональным свойствам превосходит иные добавки, используемые в то же время на той же территории (дресва, раковина, птичий пух и др.). Авторы публикаций основывают это заключение, как правило, на теоретических знаниях о свойствах асбеста как минерала, реже – на результатах неопубликованных или очень кратко либо ограниченно задокументированных экспериментов.

Методика

В качестве основной задачи эксперимента [43] было определено сопоставление свойств асбеста как примеси с иными синхронно использовавшимися добавками, в качестве которых были выбраны широко распространенные в позднем неолите птичий пух и дресва гранито-гнейсовых пород. При выборе методики проведения экспериментов на первый план выступила задача минимизировать влияние внешних и случайных факторов, т.е. сделать условия эксперимента максимально стандартными, чтобы различия в результатах диктовались только разными свойствами асбеста и иных примесей. Процесс экспериментального моделирования детально фиксировался по единому протоколу.

В качестве исходного пластичного сырья для всех сосудов использовалась чистая кембрийская голубая глина Чкаловского месторождения (Ленинградская обл.), фасованная упаковками по 1 кг. Таким образом, все сосуды изготавливались из одинакового объема одного и того же глинистого сырья. Проведенный рентгенодифракционный анализ экспериментальных образцов показал, что глина состоит из иллита (гидрослюды) с примесью зерен кварца и калиевого полевого шпата. Подобные глины по данным петрографии использовались на Севере Европы в качестве сырья для керамики в неолите и в более поздние периоды (см., напр., [4, с. 249–250]).

Первой добавкой служил асбест из Чевжаварского месторождения в Пряжинском районе Карелии. По данным рентгенодифракционного анализа, этот асбест (до обжига) представлен минералом ряда тремолит-ферроактинолит с примесями хлорита, серпентинита и кальцита. Асбест был измельчен, отделен от вмещающей породы, однако калибровка не проводилась (ввиду отсутствия достоверных данных о калибровке асбеста в древности), использовались как довольно длинные игловидные сростки кристаллов (до 2–3 см и толщиной до 5 мм), так и мелкие частицы. К сожалению, на данном этапе нам не удалось учесть различные минеральные виды асбеста, в экспериментах использовался только один вид.

Асбесты из группы амфиболов (в т.ч. широко распространенные в качестве примеси к керамике антофиллит и актинолит) запрещены к использованию более чем в 60 странах [44]. Наибольшую опасность в работе с асбестом представляет его пыль, следовательно, в этом случае было необходимо соблюдать санитарно-гигиенические требования (вентиляция и влажная уборка рабочего места) и использовать средства индивидуальной защиты (респираторы и маски) с уровнем защиты не менее 30–50 ПДК (предельно допустимых концентраций) [45].

Второй вид примеси – пух водоплавающих птиц (нами был использован пух гусей линдовской породы), наиболее распространенная примесь в группе пористой и асбестовой керамики позднего неолита –

энеолита Восточной Фенноскандии (см., например, [9]). Третий вид – гранитная дресва из легко разрушающихся гранитов рапакиви, собранная в северной части Карельского перешейка, которая была механически измельчена и откалибрована в примерном соответствии археологическим данным (размер зерен около 2–5 мм).

Кроме того, были сделаны сосуды-модели со смешанным составом примеси «асбест + пух», который также был достаточно широко распространен в неолите и позднее. Примеси добавлялись в двух или трех разных концентрациях (табл. 1), близких к известным по археологическим данным (по результатам петрографических анализов фрагментов керамики, выполненных М.А. Кульковой) (см. также [4; 35; 36]).

Таблица 1 – Рецепты формовочной массы экспериментальных сосудов

	Глина, г	Пух, г	Асбест, г	Дресва, г
1	1000	–	–	–
2	1000	15	–	–
3	1000	30	–	–
4	1000	–	120	–
5	1000	–	240	–
6	1000	–	360	–
7	1000	–	600	–
8	1000	7,5	120	–
9	1000	7,5	240	–
10	1000	7,5	360	–
11	1000	–	–	200
12	1000	–	–	500

Для минимизации влияния случайных факторов сосуды лепились одинаковой формы, круглодонными, на формах-основах (рис. 1). Лепка велась ленточным способом с последующим выколачиванием стенок сосуда плоской деревянной лопаточкой для их выравнивания по толщине и упрочения. При лепке вода для смачивания глины использовалась по мере необходимости в зависимости от продолжительности лепки, объема примеси и т.д. Орнамент копировал схемы, известные для асбестовой керамики по данным археологии (оттиски гребенчатого штампа, конические ямки и т.д.).

Сушка велась в помещении с комнатной температурой. Проводилось ежедневное измерение температуры и влажности в помещении, а также взвешивание контрольной группы сосудов с разными примесями. В конце этапов лепки и сушки фиксировались высота и диаметр изделий. Сопоставление этих параметров до и после воздушной сушки и обжига позволило установить степень усадки формовочной массы с разными видами примесей, введенных в различном соотношении и обожженных при разных вариантах температуры.

Обжиг сосудов проводился после их окончательной сушки, в муфельной печи, предоставленной в пользование ООО «ПИК «АГНИ». Для сосудов-моделей выбрана единая программа обжига, при которой нагревание до максимальной температуры происходит в течение часа, затем следует час температурного плато и постепенное свободное остывание (6–8 часов). Такой режим позволяет минимизировать количество брака, а также может рассматриваться

как приближенный к естественным условиям при обжиге в костре. Изначально градации температуры обжига были выбраны приближенные к известным для археологической керамики как по результатам петрографического анализа, выполненного М.А. Кульковой, так и по публикациям: +600°C, +800°C и +1000°C (см., например, [38, с. 144]). Однако обжиг при температуре +1000°C не был проведен, о причинах чего будет сказано ниже.

После обжига для контрольной группы сосудов с разными примесями были проведены тесты на водонасыщаемость путем погружения в воду и замера массы через равные промежутки времени, а также тест на кипячение воды с замером времени кипения и объема воды, поглощенной в процессе кипячения.

Особенности поведения сосудов с примесью асбеста при обжиге в разных температурных диапазонах потребовали проведения дополнительных экспериментов для оценки воздействия различных температур непосредственно на сам минерал.

Для изучения поведения асбеста во время обжига внутри керамического теста были использованы образцы минерала и глиняные бруски с его примесью размерами около 20 × 25 × 5 мм. Образцы экспериментальной керамики и асбеста подвергались обжигу в муфельной печи при температурах +450°C, +650°C и 850°C с плавным нагревом в течение часа, выдерживанием температурного максимума в течение часа и дальнейшим постепенным остыванием.

После завершения обжига образцы делились на части для исследования методами рентгенодифракционного анализа, оптической и микрозондовой микроскопии, рентгеновской микротомографии и газовой люметрии.

Для исследования минерального состава применялись рентгенодифракционный метод и метод оптической микроскопии. Образец растирался до порошкообразного состояния в яшмовой ступке. Рентгенодифракционный анализ минерального состава проводился стандартным методом при помощи прибора D2 Phaser (Bruker) (РЦ РДМИ НП СПбГУ) с Co-источником. Напряжение на трубке 30 кВ, сила тока 10 мА, диапазон сканирования 5–80°, шаг сканирования 0,02°.

Для изучения методом оптической микроскопии и фотографирования шлифов керамики были изготовлены плоскопараллельные открытые шлифы, исследованные с помощью микроскопа Leica 4500P с микропозиционным столиком (РЦ РДМИ НП СПбГУ), позволяющим получить панорамное изображение всего образца.

Химический состав определялся на приборе Hitachi S-3400N с EDX приставкой (РЦ Геомодель НП СПбГУ).

Пористость образцов изучалась микротомографическим методом на рентгеновском томографе SkyScan 1172 (напряжение на трубке 100 кВ, сила тока 100 мА, усреднение по 5 кадрам, угол поворота 0,2° при 180°-сканировании). Компьютерная обработка данных сканирования осуществлялась при помощи прикладного программного обеспечения фирмы Bruker (программы CTAn, DataViewer и CTVOX). Кроме того, значения открытой пористости образцов определялось газоволометрическим методом на приборе «Поромер» (ЭкоГеосПром) (РЦ РДМИ НП СПбГУ).



Рисунок 1 – Экспериментальные сосуды-модели в процессе сушки

Результаты эксперимента

Всего было изготовлено 98 сосудов-моделей с примесью асбеста, дресвы, пера/пуха схожих пропорций и размеров (табл. 1).

Подготовка формовочной массы и лепка

Лепка сосудов без примеси показала, что глина Чкаловского месторождения очень удобна для работы по выбранной методике. При лепке из чистой глины нет необходимости дополнительно смачивать формовочную массу (только при заглаживании стыков лент). Сосуд хорошо держит форму и начинает подсыхать с венчика уже спустя 10 часов. При добавлении гранитной дресвы формовочная масса становится более твердой, для работы с ней требуется несколько большее количество воды и усилий. В остальном отличий практически нет, стыки лент заглаживаются легко, сосуд так же хорошо держит форму.

Добавление в глину примеси птичьего пера – достаточно трудоемкий процесс. Перо с пухом в естественном состоянии обладают водоотталкивающими свойствами, однако после смешивания с глиной и намочения обильно впитывают воду из глины, поэтому при составлении такой формовочной массы требуется добавление значительного количества воды (при сходной пластичности получаемой массы). По археологическим данным известно, что перо перед добавлением в глину не измельчалось (в изломах черепков встречаются отпечатки перьев длиной, по крайней мере, до 8–10 см [46]). Из формовочной массы с добавкой неизмельченных перьев трудно формировать структурные элементы для лепки сосуда – жгуты или ленты, т.к. перья не позволяют отделять небольшие куски массы. Однако при многократном повторении этой операции формируется навык «вытягивания» лент.

Еще одной особенностью примеси пера является сложность в заглаживании стыков лент, особенно когда этой примеси много. Перо практически невозможно равномерно распределить в глине, оно сбивается плотными комками, между которыми остаются участки более эластичной чистой глины. Опытным

путем выяснилось, что стыки лент лучше всего заглаживать твердым инструментом – гребенчатым штампом. Штамп разглаживает скопления перьев и распределяет излишки глины. Стенки сосудов, таким образом, получаются равномерными по толщине и более прочными. Предположительно, для керамики с примесью пера (и, возможно, существовавших синхронно групп посуды) расчески на поверхности можно связать со спецификой примеси. Прочие добавки (раковина, дресва, асбест, слюда) не образуют скоплений-комков, стыки лент в этих случаях заглаживаются сравнительно легко, и обработка расчесами не является вынужденной.

Подобные сложности в использовании пера компенсируются его несомненными достоинствами: перо визуально сокращает усадку сосуда, а вмешанные в глину длинные перья создают своего рода прочный каркас. Сосуд хорошо держит форму в процессе лепки и сушки, перо дает возможность формировать легкие и относительно тонкостенные изделия.

Подготовка формовочной массы с асбестом практически не отличается от использования иных минеральных примесей, например дресвы. По сравнению с примесью пера асбест не требует постоянного добавления воды в формовочную массу. Только обильная примесь асбеста (360 и 600 г на 1 кг глины) делает глину значительно менее пластичной, тонкие стенки сложно лепить на весу. Вместо «вытягивания» лент, как в случае с пером, удобнее раскатывать твердую плотную «каменеподобную» массу на ровной поверхности, а также использовать дополнительные инструменты для упрочнения стенок сосуда – например, технику «лопаточки и наковаленки», скалку.

В литературе нередко можно встретить замечания о том, что твердые волокна асбеста не позволяют нанести на сосуд глубокий рельефный орнамент [9, с. 41; 23, с. 23]. На практике выяснилось, что примесь пера в этом смысле даже проигрывает асбесту: мягкие длинные перья не ложатся параллельно стенке сосуда, могут торчать наружу, а орнамент через

плотный каркас из перьев нанести сложнее, чем черз сравнительно мелкие волокна асбеста.

При лепке сосудов с примесью асбеста и пуха вместе выяснилось, что обе эти добавки быстро лишают глину пластичности, поэтому обе примеси добавлялись в небольших концентрациях. В целом характеристика формовочной массы оказалась близка к массе с асбестом: как только примеси добавляется достаточно много, масса становится твердой и камнеподобной, ее необходимо обильно смачивать и раскатывать либо выколачивать.

В целом примесь асбеста и примесь пера требуют принципиально различных приемов при лепке. Асбест хуже противостоит влиянию усадки, нежели перо. Сосуды с обильной примесью асбеста более тяжелые и визуально хуже сохраняют форму при сушке. Таким образом, внешнее сходство «пушистых» волокон асбеста с птичьими перьями не влечет за собой сходства в подготовке формовочной массы и в технике лепки.

Сушка

Все сосуды прошли этап естественной сушки. Процесс проходил в одном помещении с контролем влажности. У отобранной группы из восьми сосудов с разным составом примеси ежедневно в течение двух недель измерялся масса для составления графика по скорости потери влаги. Так как глина была стандартной фасовки, различия в исходной массе определялись объемом добавленной примеси и воды.

На графике (рис. 2) видно, что кривые потери воды практически не отличаются у сосудов с разной примесью. У всех сосудов на восьмой день масса фактически перестала изменяться. Резкая потеря воды в первый день у сосуда с примесью асбеста в высокой концентрации определяется, вероятно, тем, что такая концентрация примеси потребовала добавления очень большого количества воды при лепке, которая активно испарялась в первый день сушки.

Обжиг

Изначально в программе экспериментов был запланирован обжиг при трех температурных режимах:

+600°C, +800°C и +1000°C. Однако после получения результатов второго обжига (+800°C), обжиг при более высокой температуре было решено отменить. Всего на данный момент обжиг проведен для 52 сосудов. Из них 30 обожжено при температуре +600°C, а 22 – при температуре +800°C.

Если обжиг при температуре +600°C прошел без брака, то в результате обжига при температуре +800°C шесть сосудов разрушились, а еще четыре покрылись трещинами (рис. 3). Во всех разрушившихся сосудах в качестве примеси был асбест, а на фрагментах можно видеть, что трещины распространялись вокруг крупных включений минерала (рис. 4). Дополнительная примесь пуха в некоторых сосудах с асбестом не снивелировала этот негативный эффект. Фрагменты асбеста, которые добавлялись в глину в качестве твердых плотных игл (сростков кристаллов), после обжига при +800°C становились хрупкими и распадались на мелкие частицы, то есть теряли одно из основных «полезных» свойств – твердость и прочность. Причина такого поведения асбеста – его дегидратация: *«Известно, что асбест при нагревании дегидратирует, а это, в свою очередь, приводит к снижению прочности асбестового волокна. Хризотил-асбест обладает более высокой температуростойкостью, чем амфибол-асбест. <...> Дегидратация хризотил-асбеста начинается с потери им адсорбционной воды. Уже при 110°C асбест теряет около 2/3 адсорбционной воды, а при дальнейшем нагревании примерно до температуры 370°C целиком ее лишается. <...> При дальнейшем повышении температуры начинается удаление конституционной воды. <...> Молекулярное строение кристаллов асбеста при этом нарушается, что приводит к потере асбестом прочности и разрушению волокна. В температурном интервале от 600 до 700°C дегидратация хризотил-асбеста полностью заканчивается. Поэтому температуростойкость хризотил-асбеста считают обычно равной нижнему пределу этого интервала, т.е. 600°C»* [47, с. 240].

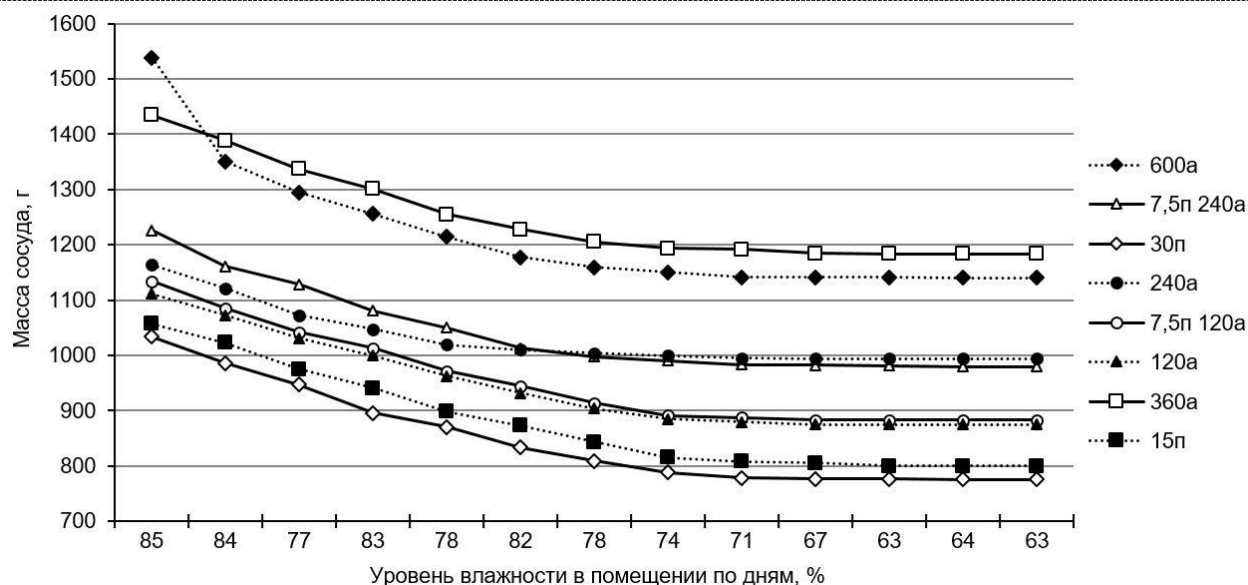


Рисунок 2 – График изменения массы сосудов с разным составом формовочной массы по дням с фиксацией уровня влажности в помещении (в легенде графика число обозначает массу примеси в граммах для каждого сосуда; а – примесь асбеста, л – примесь пуха)

Асбест 120 г	3	3	3		
Асбест 240 г	2	3			
Асбест 360 г	2	2	3		
Асбест 120 г, пух 7,5 г	0				
Асбест 240 г, пух 7,5 г	1	2			
Асбест 360 г, пух 7,5 г	3				
Пух 15 г	0	0	0	1	1
Пух 30 г	1	1	1	1	
Дресва 200 г	0				
Дресва 500 г	0				

Рисунок 3 – Степень разрушения сосудов с разным составом примеси в ходе обжига при температуре +800°C.
0 – без разрушений; 1 – небольшие трещины по донцу;
2 – покрылся трещинами; 3 – разрушился полностью



Рисунок 4 – Трещины на сосуде с примесью асбеста, обожженном при температуре +800°C

Фазовые изменения асбеста при обжиге

Проведенный эксперимент с нагреванием асбеста (табл. 2, 3) показал, что при поднятии температуры выше +700°C разрушаются сопутствующие асбесту минералы – хлорит, серпентин и кальцит, последний преобразуется в высокотемпературный фатерит. На фотографиях шлифов уже после нагревания до +450°C видно, что тремолит-асбест в керамике распространяется, становясь непрозрачным (рис. 5).

Значение пористости (табл. 4), определенной газоволюметрическим методом, резко возрастает при нагревании до +450°C и +650°C (происходит потеря воды), а после +850°C, напротив, падает (увеличивается плотность черепка, наблюдается начало плавления зерен иллита с разрушением структуры минерала). Кроме того, примесь асбеста усиливает процессы порообразования в керамике за счет образования трещин по границам минеральных образований и в самом минерале, что видно из изучения петрографических шлифов и значений открытой микротомографической пористости.

В первую очередь, подобные деструктивные процессы происходят за счет термического разрушения минералов-спутников ферроактинолита – серпентина и хлорита, как в керамике, так и в контрольных минеральных образцах. Случаи фазовых изменений, происходящих с асбестом в составе керамики, отмечались исследователями и ранее [48, с. 22] и эта проблема, несомненно, требует отдельного рассмотрения с проведением дополнительных экспериментов с разными видами асбестов.

Усадка

Важный параметр для оценки влияния той или иной примеси на качество сушки и обжига – это усадка сосуда. Для ее оценки измерялась высота сосуда до и после сушки, а затем после обжига. Наиболее показателен график, на котором в процентах отражено, насколько уменьшилась высота сосуда после сушки и обжига (рис. 6). Из графика видно, что для чистой глины без примесей степень усадки составляет от 5 до 13%. Все добавляемые примеси в среднем усадку снижают. Меньше всего степень усадки у со-

судов с примесью дресвы – 1–6%. Примесь асбеста, пуха и смеси этих двух компонентов снижает усадку примерно на одинаковый процент, существенно более низкий, чем у дресвы (1–13%).

Влагонасыщение и кипячение воды

На 12 отобранных сосудах-моделях с разными примесями и обожженных при разной температуре проведено исследование на водопоглощение и скорость закипания воды. Сосуды отбирались по принципу максимальной концентрации той или иной примеси при двух имеющихся вариантах обжига. Сложность вызвал отбор сосудов с примесью асбеста, так как многие из них разрушились при обжиге.

При проведении эксперимента у сосуда первоначально измерялась исходная масса. Затем каждый из сосудов полностью погружался в емкость с водой комнатной температуры (+20...+22°C). Для первых трех сосудов замеры массы делались каждые 10 минут, а затем – через 3 часа. Выяснилось, что в моделируемых условиях сосуд активно «напитывается» водой в первые 10 минут, а затем его масса уже не изменяется. Поэтому впоследствии сосуды помещались в воду на время около 10 минут. После извлечения из емкости в сосуд помещалось 0,5 л воды, которая нагревалась с помощью кипятильника (мощностью 0,5 кВт) до полного кипения (имитация кипячения воды путем помещения в сосуд горящих камней). Измерялось время кипения, а также объем воды, оставшийся в сосуде сразу после кипячения.

В ходе эксперимента выяснилось, что степень водонасыщаемости сосуда зависит как от примеси, так и от температуры обжига. Наибольший объем воды впитали в себя сосуды с примесью пуха, из-за своей пористости, но при обжиге в +800°C этот показатель немного ниже. Наименьшая степень влагонасыщения у сосудов с дресвой. Кроме того, следует отметить, что сосуды, обожженные при температуре +600°C, при насыщении водой становились очень хрупкими, в частности, сосуд из чистой глины без примесей частично разрушился при погружении в воду и развалился на обломки после кипячения в нем воды.

Таблица 2 – Фазовый состав асбеста в зависимости от температуры отжига (по данным PCA)

	1-асбест, без обжига	329-A109, +450°C	330-A110, +650°C	331-A111, +850°C
Амфибол ряда тремолит-ферроактинолит	+++	+++	+++	+++
Хлорит	+	+	+	–
Серпентин	следы	следы	–	–
Кальцит	+	+	+	следы
Фатерит	–	–	–	+

Примечание. +++ – основной(-ые) минерал(-ы) в образцах.

Таблица 3 – Фазовый состав экспериментальной керамики в зависимости от температуры отжига (по данным PCA)

	2-глина + асбест без отжига	332-К-186, +450°C	333-К-187, +650°C	334-К-187, +850°C
Амфибол ряда тремолит-ферроактинолит	+++	+++	+++	+++
Кварц	+++	+++	+++	+++
КПШ	+	+	+	+
Слюда (мусковит и/или иллит)	+++	+++	+++	+
Флюорит		+	+	+
Хлорит	+	+	следы	–
Серпентин	следы	следы	–	–
Доломит	+	+	+	следы
Кальцит	+	+	+	следы
Фатерит				+

Примечание. +++ – основной(-ые) минерал(-ы) в образцах.

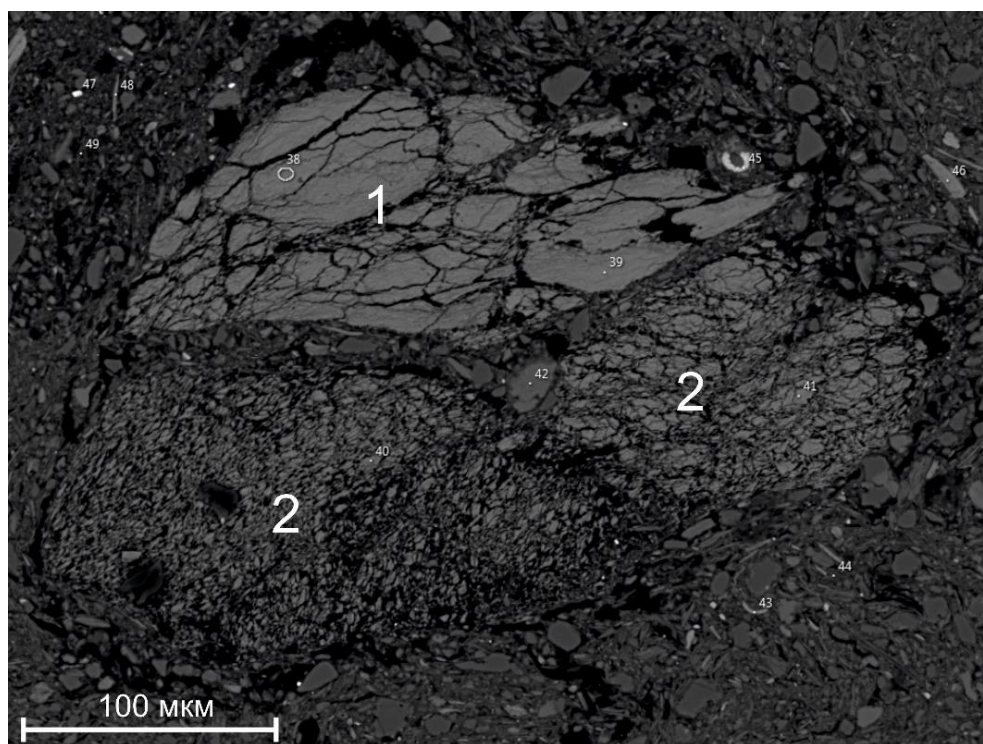


Рисунок 5 – Электронная микроскопия образца керамики 332 (температура обжига +450°C).
1 – зона слабо растрескавшегося асбеста, 2 – асбест с пониженным содержанием кислорода

Таблица 4 – Значения пористости образцов

№ образца	Пористость микро-КТ, %, поры > 7 мкм ³			Пористость газоволном., %	V, см ³	Масса, г	Плотность, г/см ³
	Open	Close	Total				
№ 0	2,9	3,7	6,5	22	0,843	1,65	1,98795
№ 332 (450)	1,5	3,7	5,1	29,7	1,44	2,74	1,90278
№ 333 (650)	2,8	3,3	6	32,9	1,783	3,3	1,85393
№ 334 (850)	4,1	3,1	7,15	26	1,169	2,18	1,86325

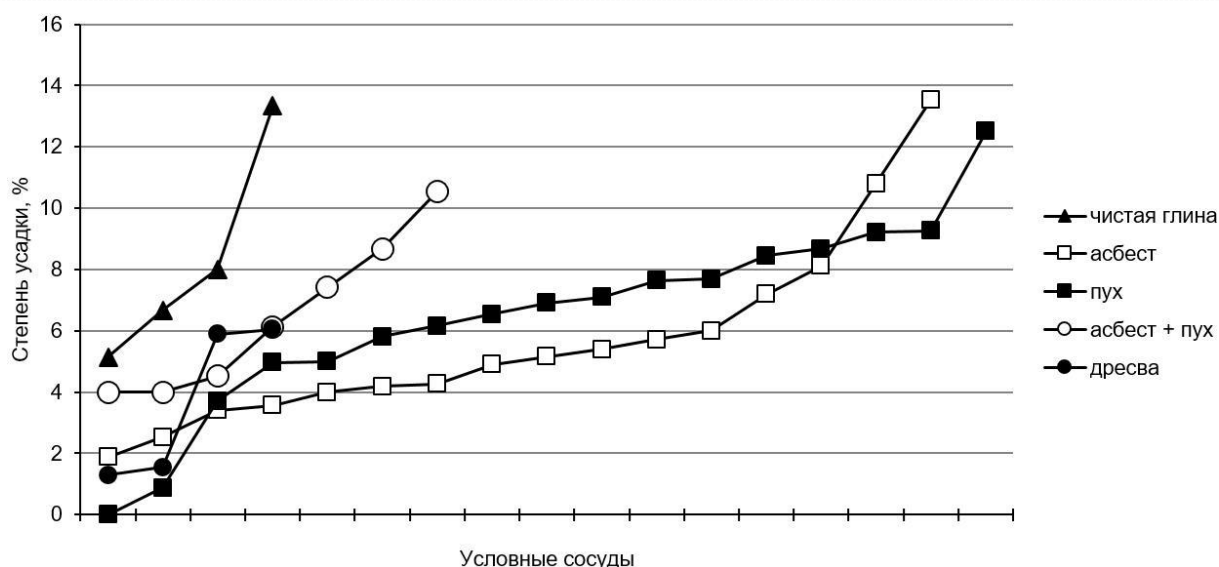


Рисунок 6 – График степени усадки сосудов после сушки и обжига в процентах в зависимости от типа примеси

При кипячении влияния типа примеси или температуры обжига сосуда на скорость закипания воды выявлено не было. Это время составило от 6 мин. 40 сек. до 7 мин. 40 сек. Некоторая закономерность прослеживается в потере воды за время кипячения путем испарения и просачивания через стенки. Во всех случаях потери составляли не более 30–40 мл воды, что можно связать с испарением при нагревании. Исключением стали сосуды с примесью дресвы в высокой концентрации – у них потери воды при кипячении составили 70 мл (обжиг +800°C) и 100 мл (обжиг +600°C). Здесь потери воды вызваны протеканием сосудов, но не через поры, как это можно было бы предположить в случае с выгоревшей примесью пера, а через трещинки вокруг крупных зерен дресвы.

Обсуждение

Подчеркнем еще раз, что проведенный эксперимент дает лишь ограниченную информацию по свойствам асбеста как примеси к керамике, прежде всего потому, что была задействована лишь одна разновидность асбеста из месторождения Чевжавара без калибровки по размеру частиц.

Известно, что в качестве примеси в неолите и в эпоху раннего металла древнее население Фенноскандии использовало несколько разных видов асбеста (антофиллит, актинолит, тремолит, хризотил и др.) (см. [1, р. 51; 4; 35]). Кроме того, нередко в одних и тех же контекстах с асбестовой керамикой вместо или вместе с асбестом в качестве примеси используются и иные минералы с совершенно другими физико-химическими свойствами – тальковый камень, слюда, сланец [2, р. 12; 6]. Разные виды асбестов, не говоря уже о тальке и слюде, имеют разные характеристики твердости и волокнистости и сильно отличаются по внешнему виду. Реконструкции хронологии и географии распространения разных видов асбеста как примеси посвящены лишь отдельные исследования [2; 4; 20; 21] и вопрос о сходствах и различиях функциональности разных минералов группы асбестов еще нуждается в будущей разработке. Асбест того же минерального вида и близкого химического состава, что и использованный нами в экспериментах (месторождение Чевжавара), встречается в

археологической керамике, происходящей из памятников Карелии (см., напр., [4]).

Полученные при соблюденных в эксперименте условиях результаты мы разберем в соответствии с описанными в литературе свойствами асбеста как примеси.

Тезис о том, что примесь асбеста позволяет делать тонкостенные и легкие сосуды подтвердился лишь отчасти. Асбест сложно калибровать, при измельчении образуется очень много пыли и мелких кусочков, которые, вероятно, не отделялись древними мастерами (см., например, [15, р. 35]) – и эти мелкие кусочки сильнее всего отощают глину. Выход из такой ситуации может быть либо в добавлении большого количества воды, что сделало бы массу практически жидкой, либо в раскатывании/разминании массы с помощью специальных приспособлений (скалки, плоской гальки). Представляется, что применение таких особых приемов могло быть вызвано самими особенностями примеси. Мы в своем эксперименте использовали только выколачивание сосуда на форме с помощью деревянной плоской лопаточки – в соответствии с технологией, применявшейся вероятно в эпоху неолита и раннего металла (напр., [49; 50, с. 17]). Толщина стенок у сосудов-моделей получилась равной от 0,7–0,8 до 1 см.

Примесь пера, при всей сложности подготовки формовочной массы с ней, обладает в этом плане несомненными достоинствами: перо существенно сокращает усадку сосуда, а вмешанные в глину длинные перья создают своего рода прочный каркас. Сосуд хорошо держит форму, перо дает возможность формовать легкие и довольно тонкостенные изделия. Динамика потери влаги при сушке у сосудов с разными примесями одинакова и определяется свойствами использованной глины. А вот по усадке (разница в высоте сосудов до сушки и после обжига) есть четкие закономерности: меньше всего усадка у сосудов с дресвой, а у сосудов с асбестом и пухом практически одинаковая и существенно выше, чем в случае с дресвой. Так что на стадии формовки сосуда перо и дресва показали свои преимущества перед асбестом.

Об особой прочности асбестовой керамики говорить сложно, потому что многие сосуды разрушились при обжиге либо при испытаниях с водой. В то же время, и в литературе есть данные о том, что ранние типы асбестовой керамики сохраняются в очень фрагментарном состоянии [23; 26].

Опытным путем выяснилось, что у сосудов с примесью пера стыки лент лучше всего заглаживать твердым инструментом – гребенчатым штампом. Предположительно, для керамики с примесью пера (и, возможно, существовавших синхронно группах посуды) расчесы на поверхности можно связать со спецификой примеси. Прочие добавки (раковина, дресва, асбест, слюда) не образуют скоплений-комков, стыки лент в этих случаях заглаживаются сравнительно легко, и обработка расчесами не является вынужденной. По той же причине глубокий рельефный орнамент сложнее наносить на сосуды с обильной примесью пера, нежели асбеста. Можно также предположить, что смена глубокой рельефной «неолитической» орнаментации на поверхностную, представленную почти исключительно оттисками гребенчатых штампов, связана с широким распространением в лесной зоне энеолите/эпохе раннего металла примеси птичьего пера.

Наконец, используемый в экспериментах асбест не обладает преимуществами при сушке и обжиге сосудов. Он гораздо хуже, чем дресва справляется со снижением усадки – и следовательно, не повышает стойкость сосуда при прохождении обжига. Существенной проблемой стала диссоциация асбеста при преодолении температурного порога в $+700^{\circ}\text{C}$, вызвавшая массовый брак при обжиге. Такая особенность, вероятно, была известна древним мастерам, и при обжиге сосудов во избежание брака необходимо было следить за очагом и предотвращать возможные кратковременные повышения температуры.

Можно предположить, что для минимизации потерь при обжиге сосудов древние мастера могли предварительно до соединения с глиной нагревать асбест, чтобы он потерял основной объем воды, но не разрушился совсем и не лишился прочности. Проверка этой гипотезы требует дальнейших экспериментов и детального изучения керамики из археологических контекстов.

Можно предположительно заключить, что сосуды с примесью асбеста, подобного Чевжаварскому, вынужденно обжигавшиеся при температуре менее $+700^{\circ}\text{C}$, плохо подходили для хранения и приготовления жидких продуктов. В этом случае следует заключить, что их функция состояла в хранении сухих субстанций. Интересно, что к выводам об иной функциональной принадлежности неолитических сосудов с примесью асбеста пришли и финские археологи в их изучении керамики типа Пёлья [15, р. 42]. С их точки зрения, распространение групп керамики с примесью асбеста и органики вызвано потребностью в тонкостенных, легких и прочных, термостойких контейнерах. Согласно этому исследованию, пищевой нагар встречается на 6% всех исследованных фрагментов, до 60% на эпонимном памятнике Пёлья. Анализ стабильных изотопов из этого нагара указывает на присутствие исключительно пресноводной рыбы и наземных животных [15, р. 33, fig. 2: b].

Добавка помимо асбеста дополнительной примеси пера (один из наиболее распространенных рецеп-

тов состава формовочной массы в период расцвета традиции асбестовой керамики на востоке ареала [9; 20; 35; 46]) не нивелирует негативных свойств асбеста при лепке и обжиге. Формовочная масса обладает низкой пластичностью, показатели усадки остаются высокими, перо не предотвращает разрушения при обжиге. Предварительные результаты экспериментов с примесью асбеста свидетельствуют в пользу того, что у него нет особых функциональных преимуществ перед пером или дресвой. Этот тезис открывает перспективу говорить о примеси асбеста в широком контексте примесей, использовавшихся не с практической, а с какой-то иной целью.

Одна из возможных причин использования труднодоступной и «неудобной» примеси – культурный фактор. Под ним понимается консервативность традиционного общества, нежелание/невозможность отходить от определенного порядка в цепочке операций по изготовлению сосудов. Расширение ареала асбестовой керамики можно интерпретировать как перемещение населения, носителей этой традиции, в том числе в форме брачных союзов [20, с. 333].

Другая гипотеза – социальный фактор, связанный с престижностью того или иного объекта в обществе. В этой связи факт редкости и труднодоступности природных выходов асбеста, дальность его транспортировки не противоречат факту широкого распространения асбестовой керамики, а, скорее, напротив. Можно предполагать, что сосуды с асбестом являлись элементом престижной экономики позднего неолита, частью широкой сети обмена ценными материалами (янтарем, кремнем, сланцем-метатугфом, лидитом, медью) [20; 51–55]. В этой связи может стоять и эстетический фактор – особый блеск и тонкостенность сосудов с асбестом, похожесть волокон асбеста на несгораемые кусочки древесины, делавшие их внешне привлекательными и, как следствие, популярными и «модными».

Еще один возможный фактор – сакральный. Особые свойства асбеста (огнеупорность, низкая тепло- и электропроводность, волокнистость, прочность и легкость) были известны уже в древности и упоминались Плинием Старшим, Марко Поло, фигурировали в арабских и китайских хрониках нередко с приписыванием им особых волшебных свойств [56, с. 128; 57; 58, с. 89; 59, с. 230].

В археологии известны примеры, когда в глину добавлялись примеси, которые функционально не делают сосуд прочнее, а даже, наоборот, усложняют процесс его изготовления и использования. В качестве примеров можно привести измельченный кремь и обсидиановую крошку [60, с. 42]. Наиболее схожим является пример с мастерами карасукской культуры, добавлявшими в глину измельченный пирит, который, как и асбест, при температуре выше $+500...+700^{\circ}\text{C}$ проходил диссоциацию с выгоранием серы и окислением железа [61, с. 113]. В таких случаях помещаемые мастером в глину добавки не служили функциональным целям, а могли играть декоративную роль (блестящий золотистый пирит), либо им приписывались особые, даже сакральные, свойства.

Сопоставление смоделированной в эксперименте технологии изготовления асбестовой керамики эпохи неолита и раннего металла с описанными в литературе технологическими особенностями керамики бо-

лее поздних периодов позволили выделить следующие особенности:

1. Сравнительно невысокая доля примеси. По данным проведенного М.А. Кульковой петрографического анализа, для керамики эпохи неолита и раннего металла Восточной Фенноскандии доля примеси асбеста составляет от 7 до 45% (в среднем – 23% для 72 образцов). По результатам эксперимента доля примеси асбеста по весу для обожженного сосуда составил также от 12 до 38%. Кроме того, по данным петрографии, в керамике эпохи неолита и раннего металла асбест часто дополняется иными примесями (пухом и пером, раковинной, дресвой, песком, шамотом) и не составляет основы рецепта [35; 62, с. 23].

2. Сравнительно толстые стенки. У экспериментальных сосудов-моделей, изготовленных на формах-основах с минимальным прокачиванием стенок лопаточкой, толщина составила от 7–8 мм до 1 см. По данным археологии толщина стенок ранних типов асбестовой керамики составляет около 8–9 мм для ранней асбестовой керамики [2, р. 14], 8 мм для типа Войнаволок [62, с. 30], 5–13 мм для типа Киерикки [26, р. 87], 5–8 мм для типа Пелья [15, р. 37] и т.д.

3. Довольно мелкие иглы асбеста. Петрографический анализ 72 образцов керамики с территории Восточной Фенноскандии, проведенный М.А. Кульковой в 2020–2021 гг., показал, что размеры частиц примеси асбеста составляют не больше 5 мм, визуально на поверхности черепков фиксируются отдельные включения до 1–2 см. Добавлялись и мельчайшие частицы, практически пыль (менее 1 мм). Нередко можно наблюдать, что асбест не расщеплен на волокна, а наломан на кусочки как дресва [2; 6].

Разительно отличается приведенная в публикациях технология изготовления асбестовой керамики в более поздние эпохи. Так, для Восточной и Западной Фенноскандии можно отметить значительную тонкостенность сосудов с асбестом в бронзовом и железном веке (в отличие от неолита); для асбестовой керамики железного века северной Швеции толщина составляет около 4,5 мм [62, с. 30; 37, р. 3]. Техника выколачивания такие сосудов на деревянной болванке-скалке прослеживается по отпечаткам древесных годовичных колец на внутренней поверхности стенок и донца [37, р. 39–41]. На памятниках Швеции и Норвегии такие сосуды содержат значительную долю примеси асбеста (до 90% и выше), а одно из функциональных назначений – сосуды для металлургии, в т.ч. хранения руды и углей, для использования в качестве тиглей [2, р. 30; 6; 37, р. 16]. Для Северной Фенноскандии нередкой является традиция добавлять крупные (до 7 см длиной и 1 см толщиной) иглы асбеста внутрь края венчика при лепке, для упрочения этой, наиболее уязвимой и хрупкой, части сосуда [37]. В железном веке есть свидетельства также упрочения венчика сплетенным из двух нитей асбестовым шнуром [37, р. 37]. В римское время и эпоху переселения народов (1–6 вв. н.э.) на западе Фенноскандии распространяются так называемые ведрообразные сосуды с примесью асбеста или талька, где примесь составляет до 100% черепка, а сами сосуды представляют собой небольшие плоскодонные кубки со сложным геометрическим неглубоким орнаментом и нередко железным ободом на шейке [5]. В этих случаях отличительными технологическими чертами является увеличение концентрации примеси и, как

следствие, необходимость применения специальных приспособлений и приемов создания сосуда – раскачивания скалкой, выколачивания, отливка из жидкой массы [37].

Можно сказать, что в рамках технологии изготовления асбестовой керамики для эпохи неолита и раннего металла особые свойства асбеста, такие как упругость длинных волокон, придание прочности при большой концентрации, низкая теплопроводность, практически не использовались – и технология изготовления асбестовой керамики в эпоху неолита и раннего металла находилась в своего рода «неразвитой» фазе.

Заключение

По результатам проведенных ограниченных по объему экспериментов по моделированию керамики эпохи неолита и раннего металла с примесью асбеста, пуха и дресвы, можно заключить, что использованный нами асбест Чевжаварского месторождения практически не обладает функциональными преимуществами перед иными примесями. Создать по-настоящему тонкостенные и, как следствие, легкие сосуды без применения специальных техник (скалки, пресса, лопаточки и наковаленки) затруднительно ввиду быстрого затвердевания массы при добавлении значительного (30% и выше) объема примеси. Сосуды с примесью пера получились существенно более легкими не только за счет меньшего объема самой примеси, но и за счет лучшего «пропекания» стенок изнутри при обжиге с выгоранием пера и образованием пор. При этом асбест и перо требуют принципиально разных приемов лепки – и просто так перейти с одной примеси на другую (например, в случае нехватки редкого транспортируемого издалека асбеста) нельзя.

В плане усадки при сушке и обжиге лучше всего себя повела примесь дресвы, у сосудов с этой примесью степень усадки минимальна. Можно предположить, что фактор минимизации вредного влияния усадки стоял особенно остро при изготовлении крупных толстостенных сосудов (напр., типичная гребенчато-ямочная керамика), которые легко могли разрушиться под собственным весом. Широкое распространение асбестовой керамики приходится на период, когда размер сосудов становится меньше (см., напр., [9]) и, вероятно, минимизация усадки уже не так актуальна.

Важнейшей проблемой при моделировании сосудов с примесью асбеста стала его диссоциация при температуре выше +700°C. При более высокой температуре обжига сосуды и сам асбест разрушались. Кусочки минерала становились хрупкими и трещиноватыми. В то же время сосуды, обожженные при меньшей температуре, хоть и проходили обжиг без брака, мало подходили для манипуляций с водой, так как при намокании трескались и разрушались.

Предварительно, исходя из результатов наших экспериментов, можно заключить, что примесь асбеста на ранней стадии использования не обладала преимуществами перед иными добавками. Причиной изначального интереса к асбесту как примеси могло быть не функциональное превосходство, а иные, социокультурные факторы. Это закрепление асбестовой примеси в традиционном керамическом ремесле и распространение этой традиции с населением, престижность асбеста в обществе ввиду его внешней эс-

тетической привлекательности и редкости его проявлений в природе, интерес к особым свойствам асбеста, отличающим его от иных привычных в культуре каменного века материалов.

Впоследствии, приблизительно с началом бронзового века, технология асбестовой керамики существенно меняется. Этот процесс наблюдается вплоть до финала применения асбестовой керамики в римское время и эпоху переселения народов. Для асбестовой посуды становится характерной тонкостенность, наблюдается большая доля примеси асбеста, использование крупных игл асбеста как каркаса. По этим признакам мы можем предполагать, что и способы формовки сосудов изменились: появились новые приемы лепки (раскатывание скалкой, применение пресса, использование форм для отливки жидкой массы), был найден выход из ситуации с диссоциацией асбеста при обжиге (возможно, отбирались те виды асбеста, которые этим негативным свойством не обладали, либо же был выработан подходящий режим обжига сосудов). В связи с этим можно предположительно сказать, что в неолите и эпоху раннего металла технология изготовления асбестовой керамики находилась в «неразвитой» фазе, то есть свойства, исключительно присущие асбесту как материалу, почти не использовались. Технология была схожей с применявшейся для иных примесей, не подстраивалась непосредственно под асбест, если не считать некоторого уменьшения толщины стенок сосудов в конце энеолита. Распространение позже особой подходящей асбесту технологии может быть связано с распространением технологии обработки металлов.

Благодарности

Коллектив авторов выражает благодарность ООО «ПИК «АГНИ» за помощь в проведении обжига серии экспериментальных сосудов, педагогу-керамисту Е.Н. Берс за руководство изготовлением экспериментальных сосудов и студентам-практикантам ПетрГУ за помощь в проведении эксперимента по моделированию сосудов.

Список литературы:

1. Lavento M., Hornytzkij S. Asbestos types and their distribution in the Neolithic, Early Metal Period and Iron Age pottery in Finland // Pithouses and potmakers in eastern Finland: reports of the Ancient Lake Saimaa project. Helsinki papers in archaeology. 1996. Vol. 9. P. 41–70.
2. Pesonen P. Early asbestos ware // Pithouses and potmakers in eastern Finland. Reports of the ancient lake Saimaa project. Helsinki: University of Helsinki, 1996. P. 9–39.
3. Gerasimov D.V., Gusentsova T.M., Kholkina M.A. Tracing the boundary: southern periphery of the Neolithic asbestos ware // Estonian Journal of Archaeology. 2019. Vol. 23 (2). P. 146–172. DOI: 10.3176/arch.2019.2.04.
4. Kulkova M.A., Gerasimov D.V., Kulkov A.M., Zhulnikov A.M., Danilov G.K., Streltsov M.A. Asbestos ceramics from archaeological sites of Southern Fennoscandia (Karelia): mineralogical and geochemical aspects // Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy. Cham: Springer, 2022. P. 233–253. DOI: 10.1007/978-3-030-86040-0_21.
5. Kristoffersen S., Magnus B. Spannformete kar: utvikling og variasjon. Stavanger, 2010. 233 p.
6. Carpelan C. Om asbestkeramikens historia i Fennoscandien // Finskt Museum. 1978. Vol. 85. P. 5–25.
7. Siiriainen A. On the late Stone Age Asbestos Ware Culture of Northern and Eastern Finland // Iskos. 1984. Vol. 4. P. 30–36.

8. Jorgensen R., Olsen B. Asbestkeramiske grupper i Nord-Norge. 2100 f. Kr. – 100 e. Kr. // Tromsø Kulturhistorie. Vol. 13. Tromsø: Universitetet i Tromsø, 1988. 94 p.

9. Жульников А.М. Энеолит Карелии (памятники с пористой и асбестовой керамикой) / отв. ред. С.В. Ошибкина. Петрозаводск, 1999. 223 с.

10. Damm C. Interaction within and between collectives: networking in Northern Fennoscandia // Networks, interaction and emerging identities in Fennoscandia and beyond. Mémoires de la Société Finno-Ugrienne. 2012. Vol. 265. P. 125–138.

11. Мурашкин А.И., Карпелан К. Периодизация эпохи раннего металла Кольского полуострова на основании изучения керамики // Проблемы периодизации и хронологии в археологии эпохи раннего металла Восточной Европы: мат-лы тематической науч. конф. СПб.: Скифия-принт, 2013. С. 200–207.

12. Wendelbo H.M.H. Asbestos ceramics along the West Norwegian Coast – Influences, Age and Morphology in the Bronze Age–Early Roman Iron Age (ca. 1700–400 BC) // Prehistoric Pottery Across the Baltic: Regions, Influences and Methods / ed. P.E. Petterson. 2016. P. 3–12.

13. Wendelbo H.M.H. Keramikk fra norske bronsealdergraver: En studie av morfologi, kronologi, forbindelser og deponeringspraksiser i tidsrommet 1700–500 f.Kr.: avhandling for graden philosophiae doctor. Bergen, 2020. 465 p.

14. Nordqvist K., Mokkonen T. Periodisation of the Neolithic and radiocarbon chronology of the Early Neolithic and the beginning of the Middle Neolithic in Finland // Documenta Praehistorica. 2017. Vol. XLIV. P. 78–86. DOI: 10.4312/dp.44.5.

15. Nordqvist K., Mökkönen T. Pölja Ware: properties, dating and regional variation // Fennoscandia Archaeologica. 2021. Vol. XXXVIII. P. 29–58.

16. Янин Е.П. Асбестоносные площади и горные породы как природные источники поступления асбестовой пыли в окружающую среду // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2013. № 5. С. 18–47.

17. Воеводский М.В. К изучению гончарной техники первобытно-коммунистического общества на территории лесной зоны Европейской части РСФСР // Советская археология. № 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. С. 51–78.

18. Takashi O., Goodwin J. Japan and the continent // The Cambridge History of Japan / ed. D. Brown. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. P. 268–316. DOI: 10.1017/cho19780521223522.008.

19. Colomban P., Kremenovic A. Asbestos-based pottery from Corsica: the first fiber-reinforced ceramic matrix composite // Materials. 2020. Vol. 13 (16). DOI: 10.3390/ma13163597.

20. Жульников А.М. Асбест как показатель связей древнего населения Карелии // Тверской археологический сборник. Вып. 6, т. 1. Тверь, 2006. С. 330–334.

21. Lavento M., Hornytzkij S. On asbestos used as temper in Finnish Subneolithic, Neolithic and Early Metal Period pottery // Fennoscandia Archaeologica. 1995. Vol. 12. P. 71–75.

22. Холкина М.А., Гусенцова Т.М., Герасимов Д.В. Перо феникса: об особом значении примеси асбеста в керамике Северо-Запада // Археология Подмосковья. 2020. Вып. 16. С. 49–60. DOI: 10.25681/iaras.2020.978-5-94375-309-1.49-60.

23. Edgren T. Jysma i Idensalmi. En boplat med asbestkeramik och kamkeramik // Finskt Museum. 1963. Vol. LXX. P. 13–37.

24. Huurre M. Viipurin läänin kivikausi // Karjalan synny: Viipurin läänin historia / ed. M. Saarnisto. Jyväskylä, 2003. P. 151–244.

25. Гусенцова Т.М., Холкина М.А. Анализ технологии керамики эпохи неолита – раннего металла в регионе Санкт-Петербурга и Южном Приладожье // Древние культуры Восточной Европы: эталонные памятники и опорные комплексы в контексте современных археологических исследований. Замятинский сборник. Вып. 4. СПб.: МАЭ РАН, 2015. С. 218–226.
26. Mökkönen T., Nordqvist K. Kierikki ware and the contemporary Neolithic asbestos- and organic-tempered potteries in North-East Europe // *Fennoscandia archaeologica*. 2017. Vol. XXXIV. P. 83–116.
27. Mökkönen T., Nordqvist K. Bulk stable isotope analyses of ^{14}C dated carbonized crusts on the earliest potteries of Northeastern Europe // *Radiocarbon*. 2019. Vol. 61 (3). P. 817–830. DOI: 10.1017/rdc.2019.18.
28. Lindell S. Pölja, keramiikkaryhma vai reunamuoto? Pöljan keramiikkaa outokummun laavussuolla. Helsinki, 2014. 96 p.
29. Цетлин Ю.Б. Эксперимент в изучении древнего гончарства // Первобытные древности Евразии. К 60-летию Алексея Николаевича Сорокина. М.: ИА РАН, 2012. С. 725–734.
30. Гурина Н.Н. Поселения эпохи неолита и раннего металла на северном побережье Онежского озера // Поселения эпохи неолита и раннего металла на севере европейской части СССР (серия «Материалы и исследования по археологии СССР». № 20) / под ред. М.Е. Фосс. М.: Наука, 1951. С. 77–142.
31. Oppvang J. Asbestkeramik fra Slettnes, Finnmark: typologi, teknologi og bruk. Tromsø: Universitetet i Tromsø, 2009. 155 p.
32. Meinander C.F. Die Kiukaiskultur. Helsinki: Finska Fornminnesforeningen, 1954. 191 p.
33. Гурина Н.Н. Древняя история Северо-Запада европейской части СССР (серия «Материалы и исследования по археологии СССР». № 87). М.: Наука, 1961. 588 с.
34. Siirainen A. On the late Stone Age asbestos ware culture of Northern and Eastern Finland // *Iskos*. 1984. Vol. 4. P. 30–36.
35. Кулькова М.А., Гусенцова Т.М. Особенности технологии и источники сырья для изготовления глиняной посуды эпохи неолита – раннего металла на поселении Охта-1 в Санкт-Петербурге // Мезолит и неолит Восточной Европы: хронология и культурное взаимодействие. СПб.: ИИМК РАН; МАЭ РАН, 2012. С. 200–207.
36. Кулькова М.А., Гусенцова Т.М., Кульков А.М. Особенности технологии изготовления и радиоуглеродный возраст глиняной посуды стоянки Подолье 1 (Южное Приладожье) // Традиции и инновации в изучении древнейшей керамики: мат-лы междунар. науч. конф. / под ред. О.В. Лозовской, А.Н. Мазуркевича, Е.В. Долбуновой. СПб.: ИИМК РАН, 2016. С. 215–218.
37. Hulthen B. On ceramic ware in northern Scandinavia during the Neolithic, Bronze, and early Iron Age: A ceramic-ecological study (*Archaeology and environment*). Umea: Umea University, 1991. 60 p.
38. Цетлин Ю.Б. Керамика. Понятия и термины историко-культурного подхода. М.: ИА РАН, 2017. 346 с.
39. Shepard A.O. *Ceramics for the archaeologist*. Washington, 1956. 415 p.
40. Бобринский А.А. Гончарство Восточной Европы. Источники и методы изучения. М.: Наука, 1978. 272 с.
41. Бобринский А.А. Гончарная технология как объект историко-культурного изучения // Актуальные проблемы изучения древнего гончарства: колл. монография. Самара: Изд-во СамГПУ, 1999. С. 5–109.
42. Цетлин Ю.Б. Древняя керамика: теория и методы историко-культурного подхода. М.: ИА РАН, 2012. 384 с.
43. Холкина М.А., Муравьев Р.И., Жульников А.М. Технология изготовления асбестовой керамики: постановка проблемы и программа эксперимента // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Исторические науки. 2020. Т. 2, № 3 (7). С. 103–109. DOI: 10.37313/2658-4816-2020-2-3-103-109.
44. Allen L.P., Baez J., Stern M.E.C., George F. Asbestos: economic assessment of bans and declining production and consumption. World Health Organization, 2017. 48 p.
45. СанПиН 2.2.3.757-99. Работа с асбестом и асбестосодержащими материалами [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. <https://docs.cntd.ru/document/1200004530>.
46. Холкина М.А. Анализ состава формовочной массы керамики памятника Подолье-1 (Южное Приладожье) // Новые материалы и методы археологического исследования: мат-лы III междунар. конф. молодых ученых. М.: ИА РАН, 2015. С. 202–204.
47. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов: учебник. М.: Изд-во литературы по строительству, 1970. 384 с.
48. Журавлев А.П. Энеолит Карелии и проблема взаимодействий с энеолитом Поволжья и Урала // Энеолит лесного Урала и Поволжья: мат-лы II полевого симпозиума по проблемам археологии эпохи камня–бронзы лесной полосы европейской части СССР / отв. ред. Л.А. Наговицин. Ижевск: УИИЯЛ, 1990. С. 17–27.
49. Larsson A.M. Breaking and making bodies and pots. Material and ritual practices in Sweden in the third millennium BC. Uppsala: Uppsala University, 2009. 493 p.
50. Долбунова Е.В. Древнейшие керамические традиции в Днепро-Двинском междуречье (7–6 тыс. до н.э.): дис. ... канд. ист. наук: 07.00.06. СПб., 2015. 380 с.
51. Тарасов А.Ю. Энеолитическая индустрия каменных макроорудий в Карелии в ряду европейских индустрий позднего каменного века // Хронология, периодизация и кросс-культурные связи в каменном веке. Замятинский сборник. Вып. 1 / отв. ред. Г.А. Хлопачев. СПб.: Наука, 2008. С. 189–200.
52. Zhulnikov A.M. Exchange of Amber in northern Europe in the III millennium BC as a factor of social interactions // *Estonian Journal of Archaeology*. 2008. Vol. 12 (1). P. 3–15. DOI: 10.3176/arch.2008.1.01.
53. Герасимов Д.В., Крийска А., Лисицын С.Н. Освоение побережья Финского залива Балтийского моря в каменном веке // III Северный археологический конгресс. Доклады (8–13 ноября 2010 г., г. Ханты-Мансийск). Екатеринбург: Изд. дом «ИздатНаукаСервис», 2010. С. 28–53.
54. Нордквист К., Икяхеймо Я., Херва В.-П., Лахелма А. Медь в каменном веке северо-востока Европы: перспективы исследования // Тверской археологический сборник. Вып. 9. Тверь, 2013. С. 143–148.
55. Nordqvist K. The stone age of North-Eastern Europe 5500–1800 cal BC. Bridging the gap between the East and the West. Oulu: University of Oulu, 2018. 168 p.
56. Древний Восток в античной и раннехристианской традиции (Индия, Китай, Юго-Восточная Азия). М.: Ладомир, 2007. 642 с.
57. Поло М. Книга о разнообразии мира. М.: Олма Медиа Групп, 2015. 302 с.
58. Семенова Л.А. Ибн аз-Зубайр о Фатимидах // Письменные памятники Востока. Историко-филологические исследования. Ежегодник 1975. М.: Наука, 1982. С. 82–92.

59. Малявкин А.Г. Танские хроники о государствах Центральной Азии: тексты и исследования. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1989. 432 с.

60. Петрунь В.Ф. Об одном интересном направлении изучения состава отстающих примесей в керамических изделиях прошлого // Материальная культура Азербайджана. Т. VII. Баку: Элм, 1973. С. 40–45.

61. Глушков И.Г. Керамика как исторический источник. Новосибирск: Изд-во Института археологии и этнографии СО РАН, 1996. 328 с.

62. Тарасов А.Ю., Жульников А.М. О происхождении и хронологии асбестовой керамики геометрического стиля типа Войнаволок // Российская археология. 2021. № 4. С. 21–34. DOI: 10.31857/s086960630013650-4.

Статья публикуется при поддержке гранта РНФ «Феномен асбестовой керамики в керамических традициях Восточной Европы: технологии изготовления и использования, структура межрегиональных контактов» (№ 19-18-00375).

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Холкина Маргарита Алексеевна, кандидат исторических наук, доцент кафедры археологии; Санкт-Петербургский государственный университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация); младший научный сотрудник отдела антропологии; Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация). E-mail: tyttokulta@yandex.ru.</p>	<p>Kholkina Margarita Alekseevna, candidate of historical sciences, associate professor of Archaeological Department; Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation); junior researcher of Anthropological Department; Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of Russian Academy of Sciences (Saint Petersburg, Russian Federation). E-mail: tyttokulta@yandex.ru.</p>
<p>Жульников Александр Михайлович, кандидат исторических наук, доцент кафедры отечественной истории; Петрозаводский государственный университет (г. Петрозаводск, Российская Федерация). E-mail: rockart@yandex.ru.</p>	<p>Zhulnikov Aleksandr Mikhailovich, candidate of historical sciences, associate professor of Domestic History Department; Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation). E-mail: rockart@yandex.ru.</p>
<p>Муравьев Роман Иванович, студент института истории; Санкт-Петербургский государственный университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация); старший лаборант отдела антропологии; Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация). E-mail: alcesalces243@gmail.com.</p>	<p>Muravyev Roman Ivanovich, student of Institute of History; Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation); senior laboratory assistant of Anthropological Department; Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of Russian Academy of Sciences (Saint Petersburg, Russian Federation). E-mail: alcesalces243@gmail.com.</p>
<p>Кулькова Марианна Алексеевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и геоэкологии; Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация). E-mail: kulkova@mail.ru.</p>	<p>Kulkova Marianna Alekseevna, candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor of Geological and Geoecological Department; Herzen State Pedagogical University of Russia (Saint Petersburg, Russian Federation). E-mail: kulkova@mail.ru.</p>
<p>Кульков Александр Михайлович, инженер ресурсного центра «Рентгенодифракционные методы исследования»; Санкт-Петербургский государственный университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация). E-mail: aguacrystals@yandex.ru.</p>	<p>Kulkov Aleksandr Mikhailovich, engineer of X-Ray Diffraction Research Methods Resource Center; Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation). E-mail: aguacrystals@yandex.ru.</p>
<p>Данилов Глеб Константинович, младший научный сотрудник лаборатории музейных технологий; Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация). E-mail: gleb.danilov.spb@gmail.com.</p>	<p>Danilov Gleb Konstantinovich, junior researcher of Museum Technology Laboratory; Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of Russian Academy of Sciences (Saint Petersburg, Russian Federation). E-mail: gleb.danilov.spb@gmail.com.</p>
<p>Герасимов Дмитрий Владимирович, кандидат исторических наук, научный сотрудник отдела археологии; Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация). E-mail: dger@kunstkamera.ru.</p>	<p>Gerasimov Dmitri Vladimirovich, candidate of historical sciences, researcher of Archaeological Department; Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of Russian Academy of Sciences (Saint Petersburg, Russian Federation). E-mail: dger@kunstkamera.ru.</p>

Для цитирования:

Холкина М.А., Жульников А.М., Муравьев Р.И., Кулькова М.А., Кульков А.М., Данилов Г.К., Герасимов Д.В. Экспериментальное моделирование сосудов с примесью асбеста // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 1. С. 135–148. DOI: 10.55355/snv2023121201.