

Обзорная статья

УДК 903.12

DOI 10.25205/1818-7919-2022-21-3-9-20

### Экспериментальный обжиг керамики в археологии: современные подходы

**Ирина Сергеевна Жущиховская**

Институт истории, археологии и этнографии  
Дальневосточного отделения Российской академии наук  
Владивосток, Россия

Irina1zh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1469-6013>

#### *Аннотация*

Экспериментальный обжиг керамики является современным методом исследования древнего гончарства. В статье обобщается опыт по экспериментальному обжигу керамики в зарубежной и отечественной науке. Экспериментальный обжиг является междисциплинарным методом, включающим познавательные, информационные и аналитические возможности археологии, этнографии, естественных наук. Рассматриваются материалы экспериментального изучения простых обжигательных устройств (костер, яма, примитивная печь). В операции обжига выделены технологические стадии – подготовительная, основная и завершающая. Результаты экспериментов, полученные исследователями, способствуют объективности и точности в оценке и объяснении признаков археологической керамики, делают более обоснованными интерпретационные построения.

#### *Ключевые слова*

эксперимент, традиционное гончарство, простые обжигательные устройства, стадии обжига, термический профиль обжига

#### *Благодарности*

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ № 20-18-00081

#### *Для цитирования*

Жущиховская И. Ю. Экспериментальный обжиг керамики в археологии: современные подходы // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2022. Т. 21, № 3: Археология и этнография. С. 9–20. DOI 10.25205/1818-7919-2022-21-3-9-20

### Experimental Ceramics Firing in Archaeology: Current Studies

**Irina S. Zhushchikhovskaya**

Institute of History, Archaeology & Ethnography of Peoples of Far East  
of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences  
Vladivostok, Russian Federation

Irina1zh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1469-6013>

#### *Abstract*

*Purpose.* The article presents a survey of current tendencies in experimental ceramics firing. This research method is used for studying and explaining archaeological information concerning firing technique and technology in the past.

*Results.* Experimental ceramics firing is considered as an interdisciplinary method involving cognitive, informational and analytical opportunities of archaeology, ethnography, and natural sciences. Archaeological contexts submit certain tasks of experimental firing in each case of study. These tasks interconnected within frames of experimental projects are: 1 – reconstruction of firing devices and their working processes based upon archaeological remains; 2 – examination of technical and technological potentials of different types of firing devices; 3 – examination of ceramic pastes

thermic behavior for the identification of archaeological potteries firing qualities; 4 – reconstruction of specific firing technologies (for example, “smudging”). Simple firing devices exploited in traditional pots-making and modeling in the experiments are a bonfire, pit, one-chambered and primitive two-chamber kiln. Ceramics firing is considered as three-staged process. Preparing, essential and final stages have their specific technological features. Most important features of the essential stage providing crucial transformation of clay matter are thermal and atmosphere profiles. In general, ceramics firing is a complicated process involving different factors and conditions.

*Conclusion.* Experimental firing researches combined with traditional firings observations show that characteristics and properties of archaeological ceramics even determined analytically do not always provide sure information for judgments about type of firing device and thermal regimes. Our interpretations of archaeological evidence of ceramics firing have to be more flexible and variable.

*Keywords*

experiment, traditional pottery-making, simple firing devices, stages of firing, thermal profile of firing

*Acknowledgements*

The work was supported by the Russian Science Foundation, project no. 20-18-00081

*For citation*

Zhushchikhovskaya I. S. Experimental Ceramics Firing in Archaeology: Current Studies. *Vestnik NSU. Series: History and Philology*, 2022, vol. 21, no. 3: Archaeology and Ethnography, pp. 9–20. (in Russ.) DOI 10.25205/1818-7919-2022-21-3-9-20

## Введение

Стадия обжига имеет решающее значение в получении гончарной продукции, так как именно путем температурной обработки глина превращается в новый материал – керамику. Характеристики и качества керамических изделий во многом зависят от особенностей их обжига. Эксперимент является эффективным инструментом исследования процессов и результатов термообработки в древнем гончарстве. Данный метод вошел в практику изучения археологической керамики в 1950–1960-х г. и в последние десятилетия приобрел достаточно широкую известность в зарубежной и отечественной науке. Надо различать два вида экспериментов по обжигу керамики – полевые и лабораторные. Полевой эксперимент ставит целью создание условий и ситуаций, максимально приближенных к тем, в которых осуществлялся обжиг гончарных изделий в древности. Лабораторный эксперимент направлен на моделирование физико-химических процессов, происходящих в веществе глины и керамики под воздействием температур, с помощью специального технического и аналитического оборудования. Предметом нашего рассмотрения является экспериментальный обжиг в полевых условиях. Задача статьи – представить обзор основных современных тенденций в исследованиях обжига в простых устройствах, к которым относятся костер, яма, примитивная печь.

### Экспериментальный обжиг: междисциплинарный ракурс

Экспериментальный обжиг древней керамики представляет собой исследовательский процесс, в который вовлечены познавательные, информационные и аналитические возможности разных дисциплин, не только гуманитарных, но и естественнонаучных. Археологические источники ставят перед экспериментом задачи реконструкции, моделирования и изучения технико-технологических условий, процессов и результатов обжига керамических изделий в древности. Задачи несколько различаются по содержанию, однако часто взаимосвязаны в рамках одной экспериментальной программы.

1. *Реконструкция по археологическим прототипам обжигательных сооружений и принципов их работы.* Основой для экспериментов являются обнаруженные в процессе раскопок объекты, которые достаточно точно либо предположительно идентифицируются как обжигательные устройства. Интересный опыт реконструкции простых обжигательных устройств закрытого типа (печей) наработан Центром экспериментальной археологии в Чехии (далее – СЕА) по материалам раскопок памятников позднего неолита и бронзового века Центральной Европы [Thér, 2004; Thér, Gregor, 2011; Thér et al., 2019]. Есть примеры реконструкции по археологическим остаткам более сложных обжигательных устройств печного и горнового типов [Mayes, 1961; Hartwell, 1993; Colell et al., 2014]. Вероятную, хотя и не столь очевидную связь с обжигом керамических изделий могут иметь ямы определенных размеров и конфигу-

рации, которые достаточно часто встречаются на памятниках неолита, бронзового и железного века [Vareš et al., 1982, s. 191–197]. По материалам раскопок памятников поздненеолитической культуры Винча на Балканах проведено моделирование технологии ямного обжига [Vuković, 2018].

2. *Исследование технологических возможностей обжигательных устройств разного уровня сложности и диагностика вида устройства по признакам керамики.* Изучение и сравнение технологических характеристик открытого костра и простейших печей является одной из целей экспериментальных программ СЕА [Thér, 2004; Thér, Gregor, 2011]. Опытное моделирование обжига керамики в открытом костре и в очаге (яме) – часть полевых программ Самарской экспериментальной экспедиции по изучению гончарства. В частности выявлено отсутствие внешних отличий у керамики, обожженной в разных устройствах [Волкова, 2015; Волкова, Цетлин, 2015].

3. *Исследование термических реакций формовочных масс для реконструкции режимов и качества обжига древней керамики.* Общей тенденцией для работ в рамках этой задачи является сочетание полевого эксперимента с естественнонаучной аналитикой и лабораторными исследованиями. Интересным примером является исследование поведения формовочных масс с примесью известняка в процессе кострового обжига. Керамика с известняковой примесью характерна для многих древних памятников Евразии и часто является предметом дискуссий. Полевой эксперимент в сочетании с методами естественных наук выявил сложную, нелинейную зависимость между температурной динамикой и минералогическими трансформациями формовочных масс с примесью известняка [Magetti et al., 2011]. По результатам обжига в костре и простой печи формовочных масс, повторяющих рецептуру посуды неолита и позднего бронзового века Центральной Европы, с использованием петрографической микроскопии построена эталонная шкала термических изменений в минералогическом составе для диагностики температурных режимов древней керамики [Thér, Gregor, 2011; Thér et al., 2019]. В этом же методическом ключе, сочетающем эксперимент с естественнонаучной диагностикой, выполнен еще ряд исследований [Daszhkiewicz, Martian, 2016; Поплевко, 2018; Dimoula et al., 2019].

По материалам полевых и лабораторных исследований Самарской экспериментальной экспедиции предложены методические разработки для определения вероятных температур и качества обжига [Волкова, Цетлин, 2015]. Интересным результатом стали данные по выявлению зависимости между степенью просушки глиняных изделий, составом их формовочных масс и качеством обжига [Волкова, 2020].

4. *Реконструкция специализированных технологических приемов обжига древней керамики.* Примером может служить использование эксперимента для воссоздания условий получения керамики черного и серого цвета. Экспериментальный обжиг позволил исследовать способы получения полностью и частично зачерненных изделий в яме и в простых печах [Vuković, 2018; Vintintan, Gligor, 2016]. Опытным путем проверена возможность обжига в простых печных устройствах керамики равномерного серого цвета, что требует особых приемов термообработки [Vitelly, 1990].

Для реализации задач экспериментальных программ ценным источником информации служат документированные наблюдения традиционных форм гончарства, практикующих консервативные методы изготовления и обжига керамических изделий (см. [Slye, 1968; May, Tuckson, 2000; Molinaro, Bronner, 2001] и др.). Ряд фундаментальных трудов рассматривает комплексные этнографические материалы по гончарству с позиций их адаптации для археологии (см. [Rye, 1981; Arnold, 1985; Nicholson, Patterson, 1985; Shepard, 1985; Rice, 1987] и др.). Особый интерес представляют исследования, предметом которых является собственно традиционный обжиг и его информативные возможности для изучения по археологическим источникам технико-технологических параметров термообработки древней керамики [Gosselain, 1992; Livingstone Smith, 2001; Hein, 2008; Meng Guo, 2017].

### Обжиг в простых устройствах

Основными видами простых обжигательных устройств, которые известны в традиционном гончарстве и моделируются в экспериментальных исследованиях, являются костер, яма, примитивная печь. Исследователи относят костер и яму к открытым устройствам, тогда как печи в тех или иных вариантах имеют закрытое рабочее пространство, созданное с помощью определенных конструктивных элементов [Rice, 1987, pp. 153–162; Vitelly, 1990; Thér, 2004]. Структурные составляющие операции обжига имеют много общего для разных устройств.

1. *Подготовительная стадия.* Технологические составляющие стадии: предварительный прогрев изделий, обеспечение топлива, сооружение обжигательного устройства.

Предварительный прогрев высушенных изделий особенно важен для обжига в открытых устройствах. Это удаляет влагу, попавшую из атмосферы в поверхностные слои изделий в процессе сушки и способную вызвать их повреждение на начальном этапе обжига вследствие термического шока. В традиционном гончарстве прогрев осуществляют рядом с обжигательным устройством или на домашнем очаге при температуре до 200–300°C, редко выше. Длительность прогрева – от нескольких минут до нескольких часов [Rice, 1987, pp. 152–153; Gosselain, 1992; May, Tuckson, 2000, p. 35]. Прогрев у костра и ямы позволяет одновременно просушить почву в зоне теплотехнического устройства, что положительно влияет на процесс обжига [Shepard, 1985, p. 91]. Этот способ прогрева практикуется в экспериментальном обжиге [Thér, Gregor, 2011; Vuković, 2018; Волкова, 2015]. Также прогрев можно проводить, помещая внутрь сосуда горящую сухую траву, солому, листья [Slye, 1968].

В традиционном и экспериментальном обжиге используют, как правило, топливо органического – растительного или животного – происхождения. Различают быстро горящие (легкие) и медленно горящие (тяжелые) виды топлива. «Быстрое» топливо – сухая трава, кустарник, кора, солома, щепка. Медленно горящее топливо – это в основном крупные ветви, поленья лиственных и хвойных пород деревьев [Rice, 1987, pp. 153–157; Gosselain, 1992; Livingston Smith, 2001; Magetti et al., 2011; Волкова, 2015]. В традиционном гончарстве для обжига может использоваться какой-либо один вид топлива, например кустарник или ветви и листья пальмы [Molinaro, Bronner, 2001; May, Tuckson, 2000, pp. 36–38]. Много примеров использования в одном обжиге «быстрого» и «медленного» топлива. «Быстрое» топливо служит для растопки в начале обжига или вместе с «медленным» топливом укладывается вокруг приготовленных к обжигу сосудов, или подбрасывается в огонь на определенном этапе для активизации процесса горения [Rice, 1987, p. 157; Gosselain, 1992].

Ряд исследователей отмечают связь между «быстрым» и «медленным» топливом и динамикой обжига [Arnold, 1985, pp. 30–31; Shepard, 1985, pp. 77–80; Rice, 1987, pp. 156–157]. По А. Ливингстону Смитту, на термический профиль обжига влияет не столько конкретный вид топлива, сколько технология работы с ним гончара. При использовании одинакового топлива разные гончары получают различные температурные профили обжига. Исследователь приводит пример, когда гончар-мужчина и гончар-женщина «выстраивают» свои алгоритмы работы с топливом одного состава, результатом чего являются разные графики температурной динамики [Livingston Smith, 2001, p. 999].

В экспериментальных обжиге, как и в традиционном гончарстве, часто практикуется сочетание быстро горящего и медленно горящего растительного топлива [Thér, Gregor, 2011; Vuković, 2015]. Есть примеры опытных обжигов на одном виде топлива, но с разными текстурными (размерными) градациями. Так, установлено, что в открытом костре текстура топлива (крупные поленья и мелкая щепка или стружка определенной породы дерева) почти не влияет на скорость роста температуры и на максимальную температуру [Magetti et al., 2010]. Для экспериментов, проводимых с целью реконструкции технологии обжига керамики конкретных археологических культур и памятников, рекомендуется использование местных видов растительности, которые с большой вероятностью служили топливом и древним гончарам [Vuković, 2018; Dimoula et al., 2019].

Навоз из-за особых свойств и поведения в процессе обжига рассматривают как отдельный вид топлива, отличный от растительных материалов. Обжиг на навозе может быть как длительным, так и кратковременным, давать низкие или высокие температуры. Это зависит прежде всего от биохимического состава навоза, т. е. его принадлежности тем или иным животным, а также от технологии работы с данным видом топлива [Rice, 1987, p. 157; Vitelly, 1990; Livingstone Smith, 2001; Волкова, 2015].

Костер как наиболее простое обжигательное устройство может быть организован на горизонтальной либо слегка углубленной в почву поверхности [Rice, 1987, pp. 152–153; Thér, Gregor, 2011, p. 129; Livingstone Smith, 2001; Dimoula et al., 2019]. Размер и очертания костровой зоны, количество обжигаемых изделий и способ их укладки варьируют. Важно обеспечить оптимальный контакт изделий и топлива, а также рациональное соотношение между размерами сооружения и количеством топлива, что позволяет сделать процесс горения эффективным и экономичным [Rice, 1987, p. 157]. В традиционном гончарстве Африки диаметр костровой зоны составляет от 0,5 до 14,0 м и более, а число обжигаемых изделий – от одного до нескольких сотен [Livingstone Smith, 2001]. Распространенный способ укладки – компактной горкой или пирамидой, которая подстилается снизу и закрывается по бокам топливом таким образом, что всё сооружение имеет вид шалаша или конуса [Rice, 1987, pp. 154–155; Gosselain, 1992; Meng Guo, 2017]. Укладка изделий и топлива «шалашом» практикуется в экспериментальном гончарстве [Thér, 2004; Волкова, 2015]. Иногда костровая зона представляет собой в плане вытянутый прямоугольник длиной несколько метров. Гончарные изделия и топливо укладываются чередующимися ярусами [Molinao, Bronner, 2001]. При разных схемах размещения изделий и топлива сосуды обычно кладутся на бок либо дном вверх, реже – вверх устьем. Костер может иметь защитное ограждение, предохраняющее изделия от непосредственного контакта с пламенем во время обжига. В традиционном гончарстве ограждение сооружают из крупных фрагментов битой посуды, черепицы, и других изолирующих материалов [Slye, 1968; Rice, 1987, pp. 153–154; Livingstone Smith, 2001]. Есть примеры экспериментальных обжигов в открытом костре с ограждением из керамической черепицы [Dimoula et al., 2019].

Обжигательная яма (очаг) имеет округлую в плане форму. Глубина стенок варьируется, но должна быть достаточной, чтобы создать частично закрытое пространство для стабилизации процесса горения, защиты пламени от порывов ветра, более рациональной теплоотдачи топлива [Vareš et al., 1982, pp. 192–193]. В качестве примера можно привести яму, которая использовалась в эксперименте по имитации обжига чернолощеной керамики позднеолитической культуры Винча на Балканах. На поселениях этой культуры известно большое количество ям, часть из которых могла быть связана с обжигом посуды. Размеры экспериментальной ямы: глубина 0,9 м, верхний диаметр 1,8 м, диаметр дна 0,97 м. Верхний край ямы оформлен в виде «полочки» шириной 0,23 м, вымощенной керамическими черепками и предназначенной для предварительного прогрева сосудов. Обжигаемые изделия уложены в центр заранее прогретого дна ямы, на «коврик» из топлива. Топливо размещено «колодцем» вокруг сосудов [Vuković, 2018].

Простые обжигательные устройства печного типа хорошо известны по материалам традиционного гончарства. Часто такие устройства рассчитаны на однократное использование. Так, на Цейлоне сельские гончары перед обжигом сооружают специальную конструкцию из саманной массы и фрагментов битых и бракованных изделий от предыдущего обжига. После обжига конструкция разбирается [Petersham, 1968]. В некоторых современных индейских общинах Северной Америки, практикующих гончарство, временная «печь» для обжига сооружается из расплюснутых металлических банок, канистр, которые размещаются вокруг компактно уложенных «пирамидой» глиняных сосудов [Riegger, 1963]. В гончарстве Африки наряду с обжигом в открытых кострах и ямах практикуется термообработка изделий в примитивных однокамерных печах в виде эллипсоидной капсулы или широкого вертикального

цилиндра, построенных из глины и рассчитанных на многоразовое использование [Slye, 1968].

Отдельное направление в современных экспериментальных исследованиях представлено моделированием обжига в простых закрытых устройствах (печах). Полевые работы специалистов из СЕА базируются на материалах раскопок памятников неолита и бронзового века на территории Центральной Европы, где сохранились остатки обжигательных устройств. Построены и протестированы разные модели временных и постоянных однокамерных сооружений, а также более сложных двухкамерных конструкций. Материалом для стен и свода камер послужила смесь глины и соломы (саманная масса), а также смесь глины, соломы и мелкого галечника. Для постройки некоторых моделей этой массой обмазывался деревянный или плетеный каркас. В других случаях модель строилась без каркаса. Форма экспериментальных печей в плане округлая и прямоугольно-удлиненная, стены и свод имели вид купола, капсулы или цилиндра. Некоторые модели сооружены с углублением в грунт, другие – на горизонтальной поверхности без углубления. Наиболее сложной конструкцией стала вертикальная печь со структурным разделением топочной и обжигательной камер. Двухканальная топочная камера углублена в грунт. Обжигательная камера купольного типа построена на деревянном каркасе с обмазкой. Саманный под с отверстиями помещен между камерами. Данная модель повторяет конструктивные детали самой ранней вертикальной двухкамерной печи в Центральной Европе, возрастом  $6\,500 \pm 100$  BP [Thér, 2004; Thér, Gregor, 2011; Thér et al., 2019]. Есть и другие примеры экспериментов с простейшими обжигательными устройствами закрытого типа [Vareš et al., 1982; Vitelly, 1990; Bintintan, Gligor, 2016].

2. *Основная стадия.* Термический и атмосферный профили являются наиболее существенными характеристиками основной стадии обжига, во время которой происходит превращение глинистого вещества в керамику. Составляющие термического профиля: общая продолжительность обжига, время, в течение которого достигается максимальная температура, средняя скорость роста температуры ( $^{\circ}\text{C}/\text{мин.}$ ), время выдержки выше определенного температурного порога, обеспечивающего необратимые физико-химические превращения вещества глины в вещество керамики [Shepard, 1985, pp. 81–91; Gosselain, 1992; Livingstone Smith, 2001; Magetti et al., 2011; Thér, Gregor, 2011]. В качестве «порога» для замеров времени выдержки исследователи указывают значения  $\geq 700$   $^{\circ}\text{C}$  [Shepard, 1985, table 3; Livingstone, Smith, 2001, pp. 994–995] и  $> 600$   $^{\circ}\text{C}$  [Thér, 2004, table 3].

Для фиксации термического профиля в наблюдениях традиционного обжига и при проведении экспериментальных работ используются измерительные приборы. Это могут быть пирометрические конусы (пироскопы) либо, что более удобно, надежно и эффективно, портативные термпары. Термпары позволяют проводить замеры для внешней и внутренней поверхности в изломе обжигаемых изделий, в разных участках обжигательного устройства, в горящем пламени и в углисто-зольном слое под изделиями. Оптимальным вариантом является одновременное использование набора из нескольких термпар для наиболее полной «карты» термического профиля [Gosselain, 1992; Livingstone Smith, 2001; Magetti et al., 2011; Thér, Gregor, 2011].

Известна точка зрения о том, что обжиг в костровом устройстве отличается от обжига в печи, даже простейшей, тенденцией к более низким температурам и меньшей равномерностью термообработки изделий [Rye, 1981; 1987, pp. 153–158; Arnold, 1985]. Однако, согласно этнографическим и экспериментальным исследованиям 1990–2000-х гг., разные устройства не имеют каких-то определенных отличительных показателей термического профиля. По данным А. Ливингстона Смита, температуры в интервале  $750$ – $900$   $^{\circ}\text{C}$  обычны для обжига в открытом костре на ровной поверхности и в углублении, в яме и в простой печи. Скорость роста температуры, как и время выдержки, зависит не столько от самого обжигательного устройства, сколько от технологического алгоритма работы гончара с топливом, от его умения контролировать процесс горения и т. п. Продолжительность обжига также варьируется в широких пределах: в костре – от 13–15 до 80 мин. и более, в печи – от 39 до 200 мин. Дли-

тельность явного обжига на навозе – от 58 до 453 мин. [Livingstone Smith, 2001, table 1]. Общей тенденцией для разных устройств является рост продолжительности обжига с увеличением числа обжигаемых сосудов [Gosselain, 1992; Livingstone Smith, 2001]. В традиционном гончарстве Новой Гвинеи температура обжига в костре на пальмовом топливе достигает 900–1 000 °С, иногда более. Для глин, которыми пользуются местные гончары, температура витрификации составляет 1 100 °С [May, Tuckson, 2000, pp. 36–37]. Интересно привести данные О. Госселена относительно связи между максимальными температурами обжига в открытых устройствах и видами растительного топлива. По материалам африканского гончарства такая связь не прослеживается [Gosselain, 1992].

Экспериментальные исследования подтверждают возможность получения в открытых устройствах и в простых печах достаточно высоких температур. По результатам исследований СЕА в рамках программ реконструкции гончарных технологий бронзового века, средние максимальные (average max) температуры обжигов в костре составляли 781–982 °С при выдержке от 29 до 45 мин., в однокамерной печи – 669–960 °С при выдержке от 37 до 152 мин., в двухкамерной печи – 903 °С с выдержкой 559 мин. Доказана возможность получения в костровом устройстве при определенных технологических условиях более высоких температур, чем в простой печи. Эталонная шкала минералогических изменений в глине при разных температурах, созданная в процессе экспериментов, в комплексе с петрографическими исследованиями археологической керамики позволили сделать вывод о том, что интервал температурной обработки посуды бронзового века составлял 700–1 100 °С [Thér, Gregor, 2011, p. 131]. В опытных обжигках Самарской экспериментальной экспедиции температуры в костре на сосновом топливе достигали 750–905 °С, в очаге – 800–976 °С. Время выдержки максимальных температур было различным для разных обжигов [Волкова, 2015]. Есть данные о костровом обжиге с защитным барьером из черепицы при температуре до 950 °С [Dimoula et al., 2019]. Эксперименты по явному обжигу свидетельствуют о возможности достижения температур 850–1000 °С [Vuković, 2018; Поплевко, 2018].

В аспекте проблемы определения температуры обжига археологической керамики важно учитывать варьирование температур в разных зонах обжигательного устройства и в разных точках одного обжигаемого изделия [Vares et al., 1982, p. 211]. Анализ термических профилей обжига в гончарстве Африки установил, что в открытых устройствах разница между минимальной и максимальной температурой в синхронном временном интервале может составлять от 150 до 550 °С. Перепад максимальных температур на внешней и внутренней поверхностях сосуда составляет 94–295 °С [Gosselain, 1992, fig. 6]. Серия экспериментальных костровых обжигов сосудов из глины с примесью кальцита выявила, что синхронные температуры на внешней и внутренней поверхностях и в средней части излома стенок могут показывать разницу до 200 °С и более. В одном случае перепад температур в двух точках средней части излома дна сосуда составил более 300 °С [Magetti et al., 2011]. Эксперименты других исследователей фиксируют разные температуры для разных слоев стенок обожженных сосудов [Thér, Gregor, 2011].

Атмосферный профиль обжига также не имеет стабильных показателей для костра, ямы и простой печи. Неустойчивость состава воздушной среды вокруг обжигаемых изделий в зависимости от соотношения в ней свободного кислорода и углерода особенно характерна для кострового устройства. Внешне это проявляется в изменении окраски поверхности изделий, уже прошедших температурный порог 550–600 °С и находящихся в стадии активного окисления глины. Светлые участки стенок становятся грязно-серыми при попадании на них задымленного воздуха, чернеют от соприкосновения с горящим топливом. Потемнения быстро исчезают, если изделие вновь оказывается в зоне чистого, насыщенного кислородом пламени [Rice, 1987, p. 109]. Цветовые вариации поверхности и излома изделий, обожженных в костре, яме и простой печи, могут быть различны в зависимости от температуры и атмосферной динамики обжига, характера топлива, толщины стенок, состава формовочной массы [Thér, Gregor, 2011; Волкова, 2015].

Самый известный прием целенаправленной регуляции атмосферы в обжигательном устройстве – «дымление», позволяющее получать керамику темно-серого и черного цвета. Детальная характеристика этого приема с точки зрения технологии и физико-химических процессов дана А. Шепард. Основное условие – отсутствие свободного доступа кислорода и создание вокруг обжигаемых изделий дымной воздушной среды, насыщенной микрочастицами «твердого» углерода. «Дымление» обычно проводится по завершении основного обжига в окислительной среде [Shepard, 1985, pp. 88–90]. В традиционном гончарстве эта технология практикуется для разных обжигательных устройств [Riegger, 1963; Slye, 1968; Petersham, 1968; Rice, 1987, p. 158].

По данным экспериментов, чернение керамики может быть успешно проведено в яме. После окончания основной окислительной фазы обжига изделия закрываются быстро горящим и дымящим топливом, через некоторое время засыпаются землей и выдерживаются в течение 24 часов [Vuković, 2018]. Есть интересный опыт получения в простой двухкамерной печи сосудов с зачерненной верхней половиной. Эксперимент ставил целью выяснить технологию изготовления двухцветной черно-красной керамики из памятников энеолита Трансильвании. Доказано, что изделия такого рода являлись результатом особого размещения в печи изделий и топлива и тщательной регуляции газовой среды [Bintintan, Gligor, 2016].

Отдельной задачей в рамках опытов с атмосферным режимом обжига является создание условий для получения керамики однородного серого цвета. В традиционном гончарстве такую керамику изготавливают в печах [Willis, 1977]. Обжиг происходит без доступа кислорода в насыщенной углеродом, но не задымленной среде. Технология производства серой керамики отличается от обычного «дымления», или чернения, большей сложностью регуляции атмосферы обжига [Shepard, 1985, pp. 213–223]. Экспериментально была проверена версия о том, что гончарам неолита северной Греции удавалось получать изделия серого цвета в небольших наземных однокамерных куполообразных печах и в печах с обжигательной камерой и топкой-тоннелем. Установлено, что обжиг серой керамики в простых печных устройствах возможен, но требует тщательно отлаженного контроля воздушной среды, в которой находятся изделия и топливо [Vitelly, 1990].

Важный внешний фактор, влияющий на эффективность и результаты основной стадии обжига, – климатические и погодные условия, которые всегда учитываются в традиционном гончарстве и должны приниматься во внимание при проведении эксперимента. Дождливый, ветреный, прохладный сезон препятствует полной просушке изделий после формовки и обеспечению обжига сухим топливом, является причиной повышенной влажности почвы в зоне костра или ямы. Во время обжига в открытых устройствах сырой воздух и ветер отрицательно влияют на процесс горения топлива [Arnold, 1985, pp. 70–71; Rice, 1987, p. 152]. Соответственно, термические и атмосферные профили обжигов, проведенных в одном устройстве, но при разных погодных условиях, будут различаться.

3. *Завершающая стадия.* После окончания времени выдержки изделий при необходимых для термообработки температурах *прекращение* их контакта с топливом и воздушной средой обжигательного устройства может быть быстрым либо постепенным [Livingstone Smith, 2001]. В традиционном гончарстве практикуют оба варианта. Прием быстрого остывания, когда изделия извлекают из еще горящего пламени, более характерен для обжига в открытых устройствах. В традиционном гончарстве раскаленные сосуды могут оставлять до полного охлаждения либо сразу или через короткое время обрабатывать органическими материалами для чернения поверхности [Rice, 1987, p. 163; Gosselain, 1992; May, Tuckson, 2000, p. 38]. При постепенном остывании изделия после окончания процесса горения топлива остаются в обжигательном сооружении от нескольких часов до 1 суток и более [Rice, 1987, pp. 164–165; Molinaro, Bronner, 2001].

В экспериментальных обжигах чаще практикуют постепенное охлаждение [Волкова, 2015; Dimoula et al., 2019]. Этот режим также соблюдается при использовании приема «дымления», когда сосуды на длительное время остаются в насыщенной углеродом среде при не-



высоких температурах [Vuković, 2018]. Интересные результаты дало сравнение минералогических трансформаций в формовочной массе при быстром и постепенном остывании. Петрографическая микроскопия экспериментальных изделий, прошедших обжиг при температуре выше 800 °С, показала, что быстрое остывание вызывает появление сетки трещин на зернах кварца. Этого не происходит при медленном остывании. Полученные данные были адаптированы к анализу археологической керамики [Thér, Gregor, 2011].

### Заключение

Наш краткий обзор показывает, что экспериментальный обжиг керамики является эффективным методом для корректировки и углубления наших знаний и представлений об обжиге в древнем гончарстве. К некоторым устоявшимся стандартам интерпретации внешних признаков археологической керамики и ее физико-химических характеристик, полученных аналитическим путем, требуется более критическое отношение. Прежде всего это касается заключений о температурных режимах обжига и о типах обжигательных устройств в изучаемых культурных контекстах. Экспериментальные данные в комплексе с наблюдениями процесса термообработки в традиционном гончарстве показывают, что суждения о термических режимах обжига древней керамики, сделанные на основании «точечных» определений температуры археологических образцов, могут быть ошибочны [Gosselain, 1992; Livingstone, Smith, 2001]. Более правильно говорить о достаточно широких вероятных температурных интервалах обжига древней керамики, которые должны определяться серийными аналитическими измерениями по специальной методике. Надо учитывать и возможные вторичные термические воздействия, которые могут изменять результат первоначального обжига [Thér, Gregor, 2011]. Исследователи предлагают акцентировать внимание не столько на идентификации конкретных температур обжига древней керамики, сколько на оценке ее качества и, соответственно, качества термообработки изделий [Livingstone Smith, 2001; Волкова, Цетлин, 2015; Мыльникова и др., 2019].

Термический профиль и внешние признаки изделий, обожженных в костре, яме, примитивной печи, могут не иметь определенных различий. В этой связи встает вопрос, насколько правомерно интерпретировать открытые устройства (костер, яма) и простые печные конструкции как последовательные этапы эволюции технических средств обжига [Meng Guo, 2017]. Этнография дает немало примеров сосуществования технологии обжига в костре, яме и простой печи в гончарстве определенных этнических групп [Slye, 1968; Livingstone Smith, 2001; Meng, Guo, 2017]. Признаки и свойства археологической керамики далеко не всегда являются надежным основанием для идентификации устройства, в котором она была обожжена. В целом экспериментальные исследования способствуют пониманию обжига керамики как сложного процесса со многими «переменными», что должно учитываться в наших интерпретациях археологических материалов.

### Список литературы

- Волкова Е. В.** Очаг или кострище? (Экспериментальный обжиг посуды) // Самар. науч. вестник. 2015. № 3. С. 37–55.
- Волкова Е. В.** Еще раз об обжиге недосушенных глиняных сосудов (экспериментальное исследование) // Вестник «История керамики». М.: ИА РАН, 2020. Вып. 2. С. 53–66.
- Волкова Е. В., Цетлин Ю. Б.** Некоторые проблемы экспериментального изучения обжига сосудов // Самар. науч. вестник. 2015. № 3. С. 56–62.
- Мыльникова Л. Н., Молодин В. И., Бобров В. В., Стефанов В. И.** Керамика эпохи раннего неолита Западной Сибири (результаты термического анализа) // Уральский исторический вестник. 2019. № 4. С. 17–29. DOI 10.30759/1728-9718-2019-4(65)-17-29
- Поплевко Г. Н.** Комплексные экспериментально-трасологические и этнографические исследования керамики: технология изготовления и обжиг // Самар. науч. вестник. 2018. Т. 7, № 3 (24). С. 165–172.

- Arnold D. E.** Ceramic theory and cultural process. Cambridge, Cambridge Uni. Press, 1985, 268 p.
- Bareš M., Lička M., Růžhičková M.** K technologii neolitické keramiky. *Acta Musei Nationalis Pragae, Series A (Historia)*, 1982, vol. 35, no. 3–4, s. 137–227. (на чеш.)
- Bintintan A., Gligor M.** Pottery kiln: A technological approach to Early Eneolithic black-topped production in Transylvania. *Studia Antiqua et Archaeologica*, 2016, vol. 22, pp. 5–18.
- Colell R. C., Vallès J. P., Cobos N. C., Limón B. J., Cañamero J. M. G., Cerezuola L. C.** The Iron Age Iberian Experimental Pottery Kiln of Verdú, Catalonia, Spain. *EXARC Journal*, 2014, no. 4, pp. 1–13.
- Gosselain O. P.** Bonfire of the Enquiries. Pottery Firing Temperatures in Archaeology: What For? *Journal of Archaeological Science*, 1992, vol. 19, pp. 243–259.
- Hartwell B. N.** The experimental firing of a replica double-flued kiln based on an excavated medieval example from Dawnpatrick. *Ulster Journal of Archaeology*, 1993, vol. 56, pp. 152–162.
- Hein D.** Ceramic Kiln Lineages in Mainland Southeast Asia. In: *Ceramics in Mainland Southeast Asia: Collections in the Freer Gallery of Art and Arthur Sackler Gallery*, 2008, pp. 1–38. URL: <http://SEAsianCeramics.asia.si.edu>
- Daszkiewicz M., Martian L.** Experimental firing and re-firing. In: Hunt A. (ed.). *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis*. Oxford, Oxford Uni. Press, 2016, pp. 477–508.
- Dimoula A., Tsirtsoni Z., Yioni P., Stankidis J., Ntinou M., Prevost-Dermarker S., Papandopoulou E., Valamoti S.-M.** Experimental investigation of ceramic technology and plant cooking in Neolithic northern Greece. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 2019, vol. 5, pp. 269–286.
- Livingstone Smith A.** Bonfire II: The Return of Pottery Firing Temperatures. *Journal of Archaeological Science*, 2001, vol. 28, pp. 991–1003.
- Magetti M., Neururer Ch., Ramseyer D.** Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing. *Applied Clay Science*, 2011, vol. 53, pp. 500–508.
- May P., Tuckson M.** *The Traditional Pottery of Papua New Guinea*. Honolulu, Hawai'i Press, 2000, 380 p.
- Mayes P.** The firing of a pottery kiln of a Romano-British type at Boston, Lincs. *Archaeometry*, 1961, vol. 4, no. 1, pp. 4–18.
- Meng Guo.** Variability in pottery firing technology: choice or technical development? *Chinese Archaeology*, 2017, vol. 17, pp. 179–186. DOI 10.1515/char-2017-0015
- Molinario J., Bronner N.** The Pots of Jatumpamba. *Ceramics Monthly*, 2001, no. 8, pp. 53–57.
- Nicholson P. T., Patterson H. L.** Ethnoarchaeology in Egypt: The Bállas pottery project. *Archaeology*, 1985, vol. 38, pp. 52–59.
- Petersham M.** Village Pottery in Ceylon. *Ceramics Monthly*, 1968, no. 5, pp. 12–14.
- Rice P. M.** *Pottery Analysis: A Sourcebook*. Chicago, Chicago Uni. Press, 1987, 559 p.
- Riegger H.** Pottery Making – Indian Style. *Ceramics Monthly*, 1963, no. 5, pp. 22–25.
- Rye O. S.** *Pottery technology: Principles and reconstruction*. Washington, DC: Taraxacum Press, 1981, 154 p.
- Shepard A. O.** *Ceramics for the Archaeologist*. Washington, DC, Carnegie Institute Press, 1985, 414 p.
- Slye J.** The Traditional Pottery of Nigeria. *Ceramics Monthly*, 1968, no. 2, pp. 12–19.
- Thér R.** Experimental Pottery Firings in Closed Firing Devices from the Neolithic – Hallstatt Period in Central Europe. *euroREA*, 2004, no. 1, pp. 35–82.
- Thér R., Gregor M.** Experimental reconstruction of the pottery firing process of Late Bronze Age pottery from north-eastern Bohemia. In: *Archaeological Ceramics: A Review of Current Research*, BAR International Series, Oxford, Archaeopress, 2011, no. 2193, pp. 128–142.
- Thér R., Kallistová A., Svoboda Z., Kvetina P., Lisá L., Burgert P., Bajer A.** How Was Neolithic Pottery Fired? An Exploration of the Effects of Firing Dynamics on Ceramic Products.

*Journal of Archaeological Method & Theory*, 2019, vol. 26, pp. 1143–1175. DOI 10.1007/s10816-018-9407-x

- Vitelly K.** Experimental Approaches to Thessalian Neolithic Ceramics: Gray Ware and Ceramic Colour. In: *La Thessalie. Quinze années de recherches archéologiques, 1975–1990. Bilans and Perspectives. Actes du Colloque International*. Lyon, 1990, pp. 143–148.
- Vuković J.** Late Neolithic Vinča Pottery Firing Procedure: Reconstruction of Neolithic Technology through Experiment. *OPVSCVLA Archaeologica*, 2018, vol. 39, pp. 25–35.
- Willis M. D.** Folk Pottery in Saudi Arabia. *Ceramics Monthly*, 1977, no. 1, pp. 35–38.

### References

- Arnold D. E.** Ceramic theory and cultural process. Cambridge, Cambridge Uni. Press, 1985, 268 p.
- Bareš M., Lička M., Růžhičková M.** K technologii neolitické keramiky. *Acta Musei Nationalis Pragae, Series A (Historia)*, 1982, vol. 35, no. 3–4, s. 137–227. (in Chezh.)
- Bintintan A., Gligor M.** Pottery kiln: A technological approach to Early Eneolithic black-topped production in Transylvania. *Studia Antiqua et Archaeologica*, 2016, vol. 22, pp. 5–18.
- Colell R. C., Vallès J. P., Cobos N. C., Limón B. J., Cañamero J. M. G., Cerezuela L. C.** The Iron Age Iberian Experimental Pottery Kiln of Verdú, Catalonia, Spain. *EXARC Journal*, 2014, no. 4, pp. 1–13.
- Gosselain O. P.** Bonfire of the Enquiries. Pottery Firing Temperatures in Archaeology: What For? *Journal of Archaeological Science*, 1992, vol. 19, pp. 243–259.
- Daszkiewicz M., Martian L.** Experimental firing and re-firing. In: Hunt A. (ed.). *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis*. Oxford, Oxford Uni. Press, 2016, pp. 477–508.
- Dimoula A., Tsirtsoni Z., Yioni P., Stankidis J., Ntinou M., Prevost-Dermarker S., Papandopoulou E., Valamoti S.-M.** Experimental investigation of ceramic technology and plant cooking in Neolithic northern Greece. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 2019, vol. 5, pp. 269–286.
- Hartwell B. N.** The experimental firing of a replica double-flued kiln based on an excavated medieval example from Dawnpatrick. *Ulster Journal of Archaeology*, 1993, vol. 56, pp. 152–162.
- Hein D.** Ceramic Kiln Lineages in Mainland Southeast Asia. In: *Ceramics in Mainland Southeast Asia: Collections in the Freer Gallery of Art and Arthur Sackler Gallery*, 2008, pp. 1–38. URL: <http://SEAsianCeramics.asia.si.edu>
- Livingstone Smith A.** Bonfire II: The Return of Pottery Firing Temperatures. *Journal of Archaeological Science*, 2001, vol. 28, pp. 991–1003.
- Magetti M., Neururer Ch., Ramseyer D.** Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing. *Applied Clay Science*, 2011, vol. 53, pp. 500–508.
- May P., Tuckson M.** *The Traditional Pottery of Papua New Guinea*. Honolulu, Hawai'i Press, 2000, 380 p.
- Mayes P.** The firing of a pottery kiln of a Romano-British type at Boston, Lincs. *Archaeometry*, 1961, vol. 4, no. 1, pp. 4–18.
- Meng Guo.** Variability in pottery firing technology: choice or technical development? *Chinese Archaeology*, 2017, vol. 17, pp. 179–186. DOI 10.1515/char-2017-0015
- Molinaro J., Bronner N.** The Pots of Jatumpamba. *Ceramics Monthly*, 2001, no. 8, pp. 53–57.
- Mylnikova L. N., Molodin V. I., Bobrov V. V., Stefanov V. I.** Keramika epokhi rannego neolita Zapadnoi Sibiri (rezultaty termicheskogo analiza) [Early Neolithic Ceramics of Western Siberia (thermal analysis results)]. *Uralskii istoricheskii vestnik [Ural Historical Bulletin]*, 2019, no. 4, pp. 17–29. DOI 10.30759/1728-9718-2019-4(65)-17-29
- Nicholson P. T., Patterson H. L.** Ethnoarchaeology in Egypt: The Bállas pottery project. *Archaeology*, 1985, vol. 38, pp. 52–59.
- Petersham M.** Village Pottery in Ceylon. *Ceramics Monthly*, 1968, no. 5, pp. 12–14.

- Poplevko G. N.** Kompleksnye eksperimental'no-trasologicheskie i etnograficheskie issledovaniya keramiki: tekhnologiya izgotovleniya i obzhig [Complex experimental-trasological and ethnographical studies of the ceramics]. *Samarskii nauchnyi vestnik [Samara Scientific Bulletin]*, 2018, vol. 7, no. 3 (24), pp. 165–172. (in Russ.)
- Rice P. M.** Pottery Analysis: A Sourcebook. Chicago, Chicago Uni. Press, 1987, 559 p.
- Riegger H.** Pottery Making – Indian Style. *Ceramics Monthly*, 1963, no. 5, pp. 22–25.
- Rye O. S.** Pottery technology: Principles and reconstruction. Washington, DC: Taraxacum Press, 1981, 154 p.
- Shepard A. O.** Ceramics for the Archaeologist. Washington, DC, Carnegie Institute Press, 1985, 414 p.
- Slye J.** The Traditional Pottery of Nigeria. *Ceramics Monthly*, 1968, no. 2, pp. 12–19.
- Thér R.** Experimental Pottery Firings in Closed Firing Devices from the Neolithic – Hallstatt Period in Central Europe. *euroREA*, 2004, no. 1, pp. 35–82.
- Thér R., Gregor M.** Experimental reconstruction of the pottery firing process of Late Bronze Age pottery from north-eastern Bohemia. In: *Archaeological Ceramics: A Review of Current Research*, BAR International Series, Oxford, Archaeopress, 2011, no. 2193, pp. 128–142.
- Thér R., Kallistová A., Svoboda Z., Kvetina P., Lisá L., Burgert P., Bajer A.** How Was Neolithic Pottery Fired? An Exploration of the Effects of Firing Dynamics on Ceramic Products. *Journal of Archaeological Method & Theory*, 2019, vol. 26, pp. 1143–1175. DOI 10.1007/s10816-018-9407-x
- Vitelly K.** Experimental Approaches to Thessalian Neolithic Ceramics: Gray Ware and Ceramic Colour. In: *La Thessalie. Quinze années de recherches archéologiques, 1975–1990. Bilans and Perspectives. Actes du Colloque International*. Lyon, 1990, pp. 143–148.
- Volkova E. V.** Ochag ili kostrishche? (Experimental'nyi obzhig posudy) [Pit-hearth or bonfire? (Experimental firing of ceramic ware)]. *Samarskii nauchnyi vestnik [Samara Scientific Bulletin]*, 2015, no. 3, pp. 37–55. (in Russ.)
- Volkova E. V.** Eshche raz ob obzhige nedosushennykh glinyanykh sosudov (experimental'noe issledovanie) [Once again about the firing of not completely dried clay vessels (experimental research)]. In: *Vestnik "Istoriia keramiki" [Bulletin "History of Ceramics"]*. Moscow: IA RAS Publ., 2020, vol. 2, pp. 53–66. (in Russ.)
- Volkova E. V., Tsetlin Yu. B.** Nekotorye problem experimental'nogo izucheniya obzhiga sosudov [Some problems of experimental study of ceramic vessels firing]. *Samarskii nauchnyi vestnik [Samara Scientific Bulletin]*, 2015, no. 3, pp. 56–62. (in Russ.)
- Vuković J.** Late Neolithic Vinča Pottery Firing Procedure: Reconstruction of Neolithic Technology through Experiment. *OPVSCVLA Archaeologica*, 2018, vol. 39, pp. 25–35.
- Willis M. D.** Folk Pottery in Saudi Arabia. *Ceramics Monthly*, 1977, no. 1, pp. 35–38.

### Информация об авторе

**Ирина Сергеевна Жущиховская**, доктор исторических наук  
Scopus ID 6506351755  
WoS ID L-4559-2017

### Information about the Author

**Irina S. Zhushchikhovskaya**, Doctor of Sciences (History)  
Scopus ID 6506351755  
WoS ID L-4559-2017

Статья поступила в редакцию 22.04.2021;  
одобрена после рецензирования 30.06.2021; принята к публикации 10.07.2021  
The article was submitted 22.04.2021;  
approved after reviewing 30.06.2021; accepted for publication 10.07.2021