

## **ТЕРМИЧЕСКИЙ МЕТОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ КАЧЕСТВА ОБЖИГА КЕРАМИКИ ИЗ ПАМЯТНИКОВ БАРАБИНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ: НЕОЛИТ – ПЕРЕХОДНОЕ ВРЕМЯ ОТ ЭПОХИ БРОНЗЫ К РАННЕМУ ЖЕЛЕЗНОМУ ВЕКУ\***

Температура обжига керамики априори считается показателем уровня развития гончарства. Обжиг керамической посуды до сих пор остается достаточно сложным для исследования. Термогравиметрия в мировой практике используется для определения температуры обжига. Новосибирские исследователи разработали количественную модель, описывающую изменения потери массы образцом за счет термических превращений, демонстрирующую качество обжига керамики. Исследования были проведены на коллекции образцов керамики памятников неолита, бронзы, переходного времени от бронзового к железному веку Барабинской лесостепи. Материалы памятников позднего неолита и бронзы (андроновская (федоровская) культура) по качеству очень похожи: преобладают изделия «среднего», но есть и «плохого» – обжиг с короткой выдержкой и низкой температурой. Результаты исследования керамики переходного времени от эпохи бронзы к раннему железному веку демонстрируют достаточно большой размах в качестве: от довольно хорошего обжига до плохого. На диаграмме (рис. 3) четко выделяются ранненеолитические комплексы Дальнего Востока: качество обжига «плохое». Динамика улучшения качества наблюдается в увеличении времени выдержки изделий в теплотехническом устройстве – костре. Термогравиметрия может быть методом выявления древнейших керамических комплексов.

*Ключевые слова:* термический метод, керамика, неолит, бронза, переходное время от эпохи бронзы к раннему железному веку, качество обжига.

**DOI:** 10.14258/tpai(2017)4(20).-05

**Введение.** Температура обжига керамики априори считается показателем уровня развития гончарства. Обжиг керамической посуды – закрепительная стадия гончарного производства, одна из главных стадий, выполняющая задачи придания прочности и водонепроницаемости изделиям [Бобринский, 1978; Цетлин, 2013], до сих пор остается достаточно сложной для исследования. Методов, используемых керамистами для этой цели, – единицы.

Распространенным первичным способом изучения является характеристика изломов стенок сосудов. В результате определяется среда и фиксируется слоистость образца [Бобринский, 1978; Цетлин, 2013], подчеркнем, как показатель качества обжига («недожог» и пр.). История изучения режимов обжига представлена в статье Е.В. Волковой, Ю.Б. Цетлина [2015, с. 56–58].

Результаты петрографического анализа часто используют для определения температуры обжига. Однако метод эффективно работает лишь с материалами, обожженными при достаточно высоких температурах, при которых начинаются процессы плавления составляющих [Глушков, Гребенщиков, Жущиховская, 1999; Жущиховская, 1991; Сайко, Жущиховская, 1990; Сайко, Кузнецова, 1977].

Один из вариантов изучения «обжига» обосновывается московскими и самарскими археологами – эксперимент [Васильева, Салугина, 2008; 2013; Волкова, 2014].

---

\* Работа выполнена в рамках реализации гранта Правительства РФ (Постановление №220), полученного ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», договор №14.Z50.31.0010, проект «Древнейшее заселение Сибири: формирование и динамика культур на территории Северной Азии».

И.Н. Васильева и Н.П. Салугина [2013, с. 57–67] основы культурно-исторического подхода видят в использовании эксперимента, который может повторяться многократно, «поэтому его результаты проверяемы и объективны». Е.В. Волкова и Ю.Б. Цетлин [2016] предложили методику изучения режимов обжига. При этом исследователи отмечают, что «выяснилась необходимость дальнейшего усовершенствования метода» [Волкова, Цетлин, 2015, с. 60]. По этому поводу еще в 1992 г. О.П. Госселайн писал, что использование этноархеологических данных предпочтительнее, поскольку они отражают традиционные навыки, которые могут быть гораздо ближе к доисторической реальности, чем любые экспериментальные аппроксимации [Gosselain, 1992, с. 149].

Не отказываясь от эксперимента, напомним, что обжиг, с точки зрения происходящих физико-химических превращений, – процесс очень сложный. Коротко и упрощенно его можно продемонстрировать таблицей (табл. 1). Процессы происходят как на фазе нагревания, так и охлаждения.

Таблица 1

Отдельные процессы, происходящие в разных температурных интервалах обжига\*

Температурные интервалы, С°	Процессы
Нагревание	
До 150	Удаление физически связанной адсорбированной и межплоскостной влаги
131–224	Разложение гидрогоматита с выделением воды цеолитного типа
140–180	Интенсивное вскипание остаточной влаги в сырце при быстром его нагревании, понижение прочности сырца с возможностью возникновения трещин, сопровождающееся хлопками
200–400	Выгорание гумусных веществ
400–550	Пирогенетическое разложение органических примесей и добавок с выделением летучих горючих веществ
450–550	Наиболее интенсивное удаление конституционной воды монтмориллонитовых минералов
550	При наличии восстановительной среды начинается диссоциация сульфидов и сульфатов с выделением $SO_2$ . Минералы, содержащие железо, например, сидерит – $FeCO_3$ , → диссоциируют с выделением $CO_2$ .
550–600	Полная дегидратация иллитов. Каолин ↔ метакаолин
500–700	Начало образования эвтектических силикатных расплавов, сопровождающееся уплотнением и упрочнением черепка
600	При восстановительном режиме у железистых глин – начальная стадия, первые проявления стеклообразования
570–750	Распад магниевых карбонатов с выделением $CO_2$
573	Переход $\beta$ -кварца в $\alpha$ -кварц с увеличением в объеме на 0,82%
600–1200	Реакция между известью и каолинитом с образованием $CaO$ , $Al_2O_3$ и $2CaO$ , $SiO_2$
700–800	Реакция в твердой фазе между $SiO_2$ , $Al_2O_3$ и $CaCO_3$ . При восстановительном обжиге – морфизация иллитов до частичного оплавления. Полное разложение карбонатов. У высокожелезистых глин – фазообразование – фаялит ( $Fe_2SiO_4$ ). У высококальциевых глин – образование анортита ( $CaAl_2Si_2O_8$ )
700–800	Разложение хлоритов
700–900	Выгорание коксового остатка органических примесей и добавок
800–850	Разрушение кристаллической решетки монтмориллонита
800–1000	Интенсивное разложение кальциевых карбонатов с выделением углекислого газа. При большом содержании карбонатных примесей – заметное повышение пористости черепка с возрастанием температуры обжига

Температурные интервалы, С°	Процессы
800–900	Кристаллизация гематита ( $Fe_2O_3$ )
800–1050	Интенсивная усадка и уплотнение черепка за счет накопления жидкой фазы эвтектических расплавов
850–900	Разрушение решетки иллитов – метаиллиты
950–1000	Кристаллизация шпинели ( $MgO Al_2O_3$ ). Возникновение железомagneйных шпинелей ( $MgFe_2O_4$ )
950–1050	Начало интенсивного образования муллита. Интенсивное плавление иллитовых пород
950–1100	Расплавление пылевидных зерен полевого шпата
1000	Переход $\alpha$ -кварца в $\alpha$ -кристобалит с увеличением в объеме на 15,5%
Охлаждение	
1050–850	Увеличение вязкости при сохранении пиропластичного состояния черепка
850–750	Переход из пиропластичного состояния в твердое (хрупкое). Резкие структурные изменения. Возникновение максимальных напряжений с возможностью образования трещин
675	Переход $\beta$ -2CaO SiO <sub>2</sub> в $\gamma$ -2CaO SiO <sub>2</sub> с увеличением в объеме на 10%
573	Переход $\alpha$ -кварца в $\beta$ -кварц с уменьшением объема на 0,82%. Возможность «холодного треска»
270–180	Переход $\alpha$ -кристобалита в $\beta$ -кристобалит с уменьшением в объеме на 2,8%

\* Составлено по: [Августиник, 1975, с. 189–210; Глины..., 1970; Глозман, 1940, с. 20; Дудеров, 1957, с. 64; Нагибин, 1975, с. 19–23; Справочник по производству..., 1962, с. 414–416; Строительная керамика, 1976, с. 394; Мыльникова, 1999; URL: [http://www.abitura.com/historic\\_physic/obgig\\_keramiki.htm](http://www.abitura.com/historic_physic/obgig_keramiki.htm); <http://www.studfiles.ru/preview/5855411/page:13/>].

Результаты 18-летней работы Самарской экспедиции подтверждают сложность интерпретации следов, оставленных на сосудах. Например, окраска поверхностей и цветовых слоев, по мнению И.Н. Васильевой и Н.П. Салугиной, зависят от большого количества факторов, которые были объединены в две группы:

«1) факторы, предваряющие обжиг» – включают конструкцию и размер обжигового устройства, объем и вид используемого топлива, рецепт формовочных масс, размер сосудов, их количество и способ укладки в партии;

«2) факторы, связанные непосредственно с процессом обжига» – вид газовой среды, скорость подъема температуры, выдержка при температуре каления и общая длительность процесса обжига, время остывания кладки [Васильева, Салугина, 2013, с. 158]. Выявить проявления этих факторов по следам, оставшимся на сосуде, невозможно.

**Краткая методика и результаты исследований.** Новосибирские исследователи (химики + археологи) предложили метод, в основе которого лежат результаты термogrавиметрического анализа [Термический анализ..., 1974], – количественная модель, описывающая изменения потери массы образцом за счет термических превращений [Дребушак и др., 2005; Дребушак В.А., Мыльникова, Дребушак Т.Н., 2006; 2010; Молодин, Мыльникова, 2013; 2014; Мыльникова, Дребушак В.А., Дребушак Т.Н., 2007; Физико-химическое исследование..., 2006]. В большинстве опубликованных работ результаты термоаналитических исследований древней керамики используются для реконструкции условий обжига керамических изделий: температуры и атмосферы (окислительная или восстановительная). Но алгоритма для количественного расчета

температуры обжига в литературе не найдено, нет не только самой формулы, по которой следует рассчитывать температуру обжига, но нет и указания на то, какая именно количественная информация должна быть получена в результате аналитических измерений, чтобы такие расчеты провести.

Исторически решение вопроса о температуре обжига керамики на базе результатов термического анализа восходит к исследованиям современного керамического производства. В основе лежит утверждение, что если в процессе обжига по мере повышения температуры могут происходить необратимые процессы (при  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  и т.д.), то при повторном нагревании продукта обжига, проводившегося при температуре  $T_{обж}$ , проявятся только процессы с температурой  $T_i > T_{обж}$  [Физико-химическое исследование..., 2006].

Как показывают исследования [Физико-химическое исследование..., 2006], этот подход не применим к изучению древней керамики. Свежеобожженная глина не содержит ни межслоевой воды, ни гидроксидов, но практически все образцы древней керамики содержат и то, и другое. Глина, из которой изготавливается керамика, является продуктом процессов выветривания. После примитивного обжига, приводящего к дегидратации минералов глин, разложению гидроксидов и карбонатов, образцы керамики вновь возвращаются в условия выветривания: циклические изменения температуры, воздействие воды и углекислого газа; многие процессы обратимы.

В качестве альтернативы общепринятому подходу, ориентированному на оценку температуры обжига, предложен подход, при котором значение имеет сравнительный анализ сохранности глинистых компонентов в формовочных массах керамики для определения *качества\** обжига сосудов [Физико-химическое исследование..., 2006; Drebushchak, Mylnikova, Drebushchak and Boldyrev, 2005; Drebushchak, Mylnikova, Drebushchak, 2011; Drebushchak, Mylnikova, Molodin, 2007].

При сравнении потери массы при дегидратации (интервал температур от 0 до 350 °С) и разложении гидроксидов (интервал температур от 350 до 650 °С) выявлена общая тенденция: уменьшение потери массы за счет гидроксидов сопровождается увеличением потери массы за счет дегидратации. Это явление связано с особенностями строения слоистых минералов глин.

То есть предлагаемая методика основывается на количественном определении потери массы на этапах дегидратации ( $m_1$ ) и разложения гидроксидов ( $m_2$ ) и использует следующие положения:

1) соотношение потери массы при дегидратации к потере массы при разложении гидроксидов ( $m_1/m_2$ ) для глины заданного состава – величина постоянная;

2) добавление в формовочную массу отощителя уменьшает содержание глины, уменьшая одновременно и  $m_1$ , и  $m_2$ , но сохраняет отношение  $m_1/m_2$ ;

3) костровой обжиг приводит к разложению гидроксидов и увеличению сорбционной емкости. При термогравиметрических измерениях такой керамики с улучшением качества обжига увеличивается  $m_1$  и уменьшается  $m_2$ ;

4) при очень высокой температуре обжига пористость керамики уменьшается. При термогравиметрических измерениях такой керамики с улучшением качества

---

\* Качество – совокупность объективно присущих продукции свойств и характеристик, уровень или вариант которых формируется при создании продукции с целью удовлетворения существующих потребностей [Огвоздин, 2009].

обжига уменьшается  $m_1$  при полном отсутствии потери массы за счет разложения гидроксидов [Drebushchak, Mylnikova, Drebushchak, 2011; Drebushchak, Mylnikova, Molodin, 2007].

Исследования по данной методике были проведены на коллекции образцов керамики памятников Барабинской лесостепи неолита, бронзы, переходного времени от бронзового к железному веку: Венгерово-2, Тартас-1, Чича-1 [Молодин, 2008; Молодин, Мыльникова, 2003; 2004; Чича – городище..., 2009]. Для коррекции полученных результатов и для сравнения с другими регионами с заведомо известными иными технологическими характеристиками использовались результаты изучения материалов поселений Линево-1 (Новосибирское Приобье) [Мыльникова, 2015], Мыльниково (Барнаульское Приобье) [Мыльникова, 2005; Папин, Шамшин, 2005], Чекист (Томское Приобье) [Мыльникова, Васильев, 2016] – поселения переходного времени от эпохи бронзы к раннему железному веку, а также образцы сосудов ранненеолитических и мохэских объектов Дальнего Востока России и Южной Кореи [Мыльникова и др., 2008; Мыльникова, Нестеров, 2012].

Надо особо подчеркнуть, что при исследовании городища Чича-1 и поселения Линево-1 были найдены «глинища» – заготовки сырья (на обоих памятниках) и формочной массы (на последнем). Это дало возможность провести эксперименты и сравнить результаты изучения: исходного необожженного сырья, подготовленного древними гончарами; образцов глин из окрестных месторождений или проявлений; древней керамики.

Термогравиметрические измерения показали, что при нагревании образцы древней керамики теряют массу очень схоже с образцами глины. Точно так же выделяются два этапа потери массы: низкотемпературная дегидратация (до 300 °С) и разложение гидроксидов в интервале температур от 350 до 650 °С [Физико-химическое исследование..., 2006].

Результаты термогравиметрических измерений можно представлять в табличном варианте: демонстрируются результаты по потере массы образцами керамики поздней бронзы восточного варианта пахомовской культуры памятника Тартас-1 (табл. 2). Однако нагляднее их интерпретировать с использованием графика, по оси  $X$  которого отложена потеря массы при дегидратации  $m_1$ , а по оси  $Y$  – потеря массы за счет разложения гидроксидов  $m_2$ .

Керамические материалы памятников позднего неолита (Венгерово-2А, сосуды из тризны ритуально-погребальных комплексов и рвов) (рис. 1.-1) и бронзы (могильник Тартас-1, андроновская (федоровская) культура) (рис. 1.-2) по качеству очень похожи: преобладают изделия «среднего», но есть и «плохого» – обжиг с короткой выдержкой и низкой температурой (рис. 1.-3).

Результаты исследования керамики переходного времени от эпохи бронзы к раннему железному веку (городище Чича-1; памятник Тартас-1, ритуальные комплексы поздней бронзы) демонстрируют достаточно большой размах в определении качества: от довольно хорошего обжига до плохого как в рамках изделий из одного памятника (Чича-1), так и в сравнении с материалами Барабы (Тартас-1) (рис. 2.-1). Сопоставление этих результатов с итогами исследования образцов из других памятников лесостепной зоны Западной Сибири (поселения Линево-1, Мыльниково, Чекист) этого периода (рис. 2.-2) показывает:

Таблица 2

Потеря массы образцами керамики на разных температурных интервалах\*.  
Памятник Тартас-1. Комплекс эпохи поздней бронзы

№ образца	Потеря массы, %			
	20–350 °С	350–600 °С	600–850 °С	20–850 °С
Be-05-16	6,38	1,71	0,83	8,92
Be 07-16	5,00	1,38	0,78	7,16
Be 08-16	7,32	1,49	0,49	9,30
Be 09-16	6,67	1,37	0,45	8,49
Be 10-16	7,46	1,58	0,57	9,61
Be 11-16	8,03	2,42	0,79	11,24
Be 12-16	4,93	1,72	0,25	6,90
Be 13-16	4,17	1,57	0,35	6,09
Be 14-16	5,28	1,14	0,47	6,89
Be 15-16	5,90	1,37	0,17	7,44
Be 16-16	6,05	2,26	0,38	8,69
Be 17-16	7,32	2,63	1,10	11,05
Be 18-16	8,10	1,78	0,25	10,13
Be 19-16	6,32	2,07	0,68	9,07
Be 20-16	7,94	3,23	1,65	12,82
Be 21-16	7,35	4,27	1,93	13,55
Be 22-16	5,87	2,05	0,76	8,68
Be 23-16	9,35	2,65	0,72	12,72
Be 25-16	5,40	2,42	1,15	8,97
Be 26-16	6,96	2,49	1,12	10,57
Be 27-16	5,56	2,58	1,37	9,51
Be 28-16	5,73	3,29	1,09	10,11
Be 29-16	5,71	2,41	1,22	9,34
Be 30-16	3,37	1,24	0,75	5,36
Be 31-16	6,13	1,96	1,14	9,23

\* Термогравиметрические измерения произвел к.х.н. В.А. Дребущак (Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск).

1) коллекция каждого памятника по качеству обжига очень разнопланова: есть сосуды с очень хорошим обжигом, есть с плохим, но преобладают изделия среднего качества;

2) коллекции керамики по качеству обжига похожи друг с другом: зачастую сосуды из разных памятников имеют одинаковую потерю массы;

3) обжиг керамической посуды остается костровым. Отсюда такой разброс в качестве изделий. Но выделяется основная тенденция – динамика выражена не в увеличении температуры (в костре она постоянно меняется в зависимости от разных условий: количества и качества топлива, скорости его подачи, температуры окружающей среды, скорости ветра и пр.), а в увеличении времени выдержки изделий в теплотехническом устройстве.

Интересные результаты получаются при сравнении изученных коллекций с ранне-неолитическими комплексами Дальнего Востока (рис. 3). На диаграмме эта керамика четко выделяется: качество обжига «плохое» – с очень короткой временной выдержкой и низкой температурой (эти исследования подтвердили наблюдения: фрагменты керамики памятников Косанни (Южная Корея) и Громатуха (российский Дальний Восток) размокают в воде в течение 3-х дней).

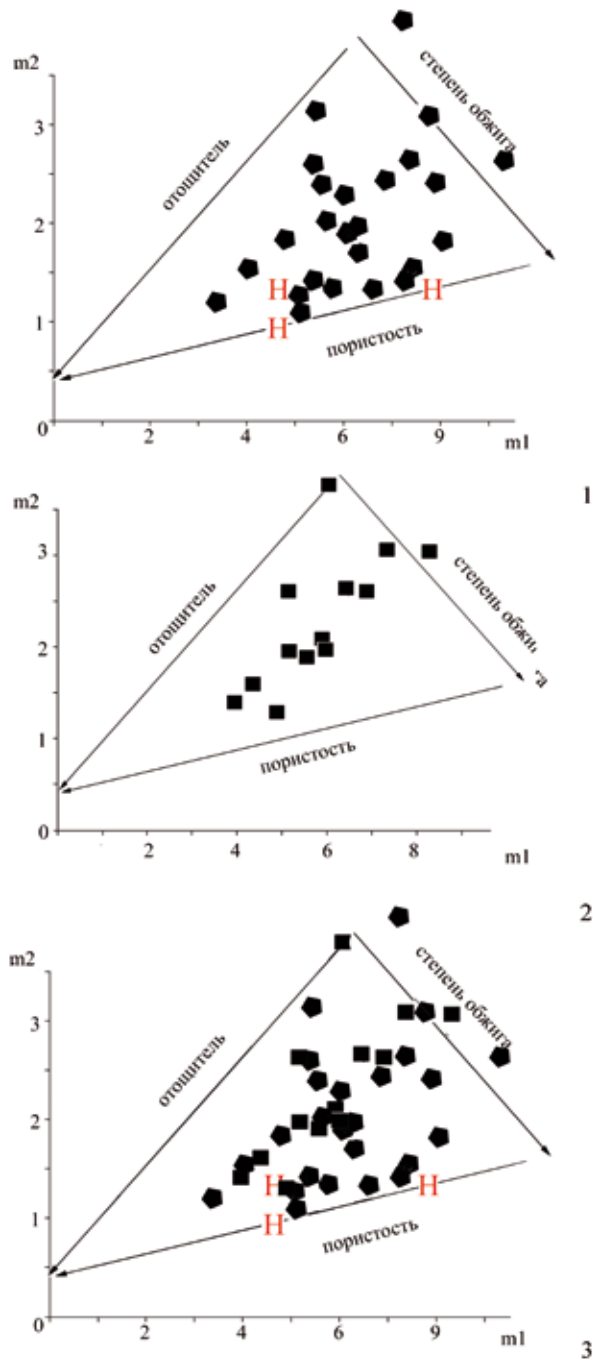


Рис. 1. Диаграмма потери массы образцами керамики на интервалах температур 20–350 (m1) и 350–600 °С (m2): 1 – поздний неолит, памятник Венгерovo-2А, Н – сосуды из поминально-погребальных комплексов; 2 – андроновская (федоровская) культура, Тартас-1; 3 – объединенная диаграмма

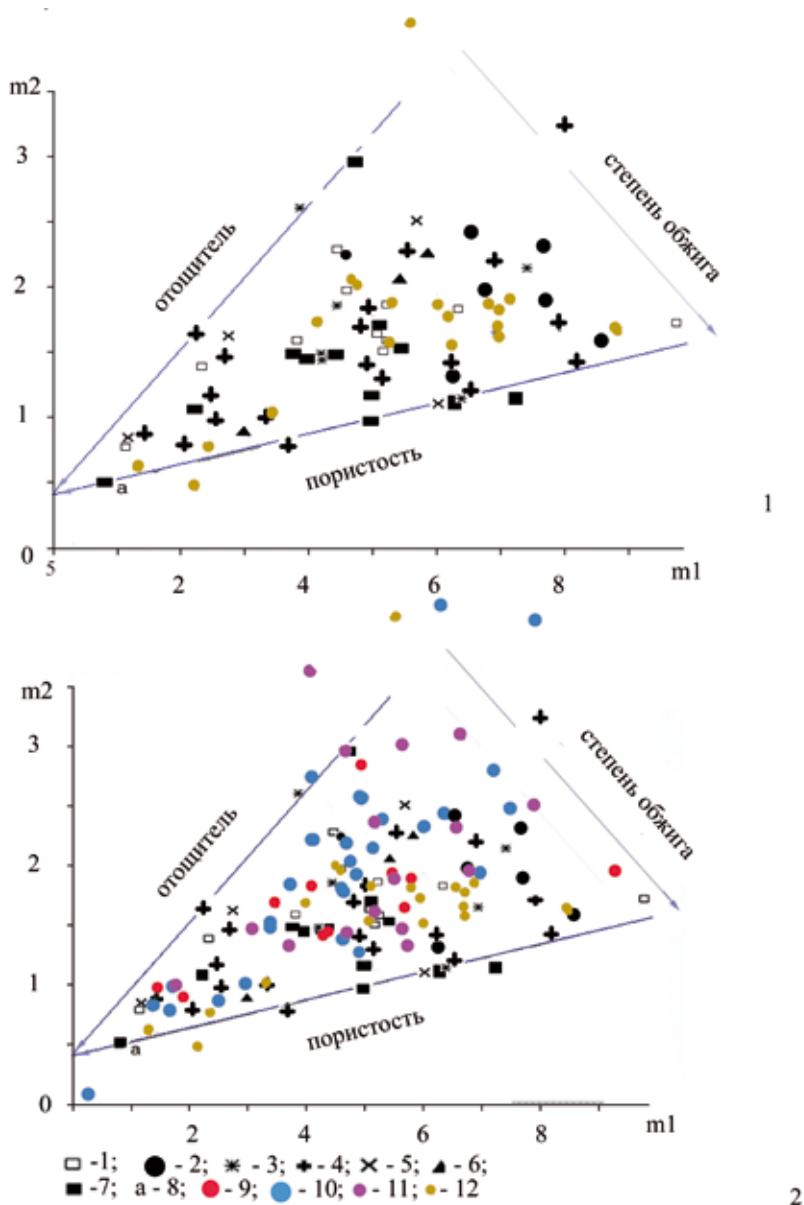


Рис. 2. Диаграмма потери массы образцами керамики на интервалах температур 20–350 (m1) и 350–600 °С (m2):

1–2 – переходное время от эпохи бронзы к раннему железному веку.

Городище Чича-1, группы керамики: 1 – ирменская; 2 – позднеирменская; 3 – сузгунская; 4 – красноозерская; 5 – с крестовым орнаментом (северная); 6 – берликская; 7 – с чертами раннего железного века; 8 – фрагмент керамики с крашеным орнаментом; 9 – керамика поселения Мыльниково; 10 – керамика поселения Линево-1; 11 – керамика поселения Чекист; 12 – керамика из погребально-ритуального комплекса эпохи поздней бронзы, Тартас-1



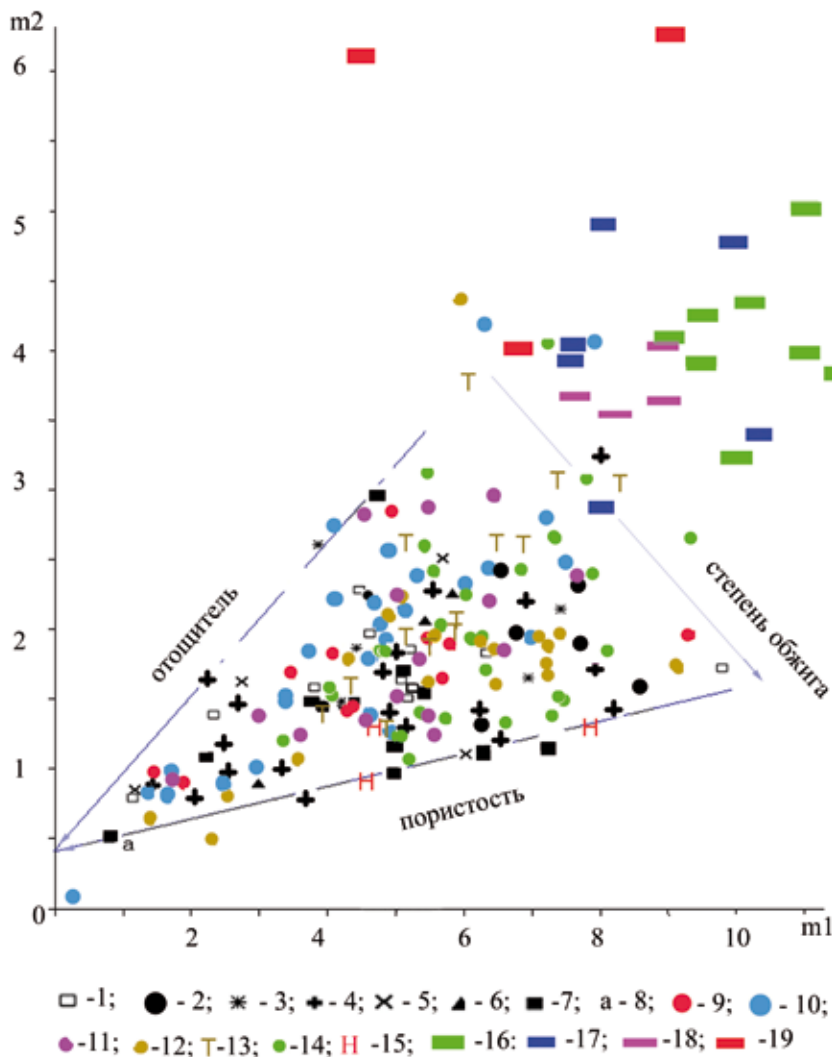


Рис. 3. Диаграмма потери массы образцами керамики.

Городище Чича-1 (Барабинская лесостепь), группы керамики:

1 – ирменская; 2 – позднеирменская; 3 – сузгунская; 4 – красноозерская; 5 – с крестовым орнаментом (северная); 6 – берликская; 7 – с чертами раннего железного века; 8 – фрагмент керамики с крашеным орнаментом; 9 – керамика поселения Мыльниково (Барнаульское Приобье); 10 – керамика поселения Линево-1 (предгорная зона, Новосибирское Приобье); 11 – керамика поселения Чекист (Томское Приобье); 12 – керамика из погребально-ритуального комплекса эпохи поздней бронзы, Тартас-1 (Барабинская лесостепь); 13 – керамика андроновской (федоровской) культуры, Тартас-1; 14 – ямочно-гребенчатый комплекс, Венгерово-2А; 15 – сосуды из ритуально-погребальных комплексов, поздний неолит, Венгерово-2А.

Керамика раннего неолита, Дальний Восток: 16 – Громатуха;

17 – Черниговка-на-Зее; 18 – Косанни (Ю. Корея); 19 – Устиновка

### **Заключение**

Методы естественных наук основаны на физико-химических процессах. Результаты их применения объективны: они повторяемы, проверяемы, перепроверяемы. Что касается термического анализа, кроме результатов, связанных с качеством обжига, он представляет сведения для реконструкции технологии изготовления сосудов, иногда для выявления функционального назначения изделий.

Развивая далее проблему использования термического метода, надо подчеркнуть, что:

1. Любые попытки рассчитывать *температуру обжига по результатам точных термогравиметрических измерений* натолкнутся на проблему различных значений температуры для разных частей одного сосуда или даже разных слоев стенки сосуда, поскольку термогравиметрия достоверно фиксирует различия в сохранности глинистой компоненты керамической массы в разных частях сосуда и даже в разных точках стенок сосуда, отстоящих друг от друга на расстоянии в 2–3 мм.

2. При использовании методики определения *качества обжига* очевидна реальная возможность выявления древнейших керамических комплексов.

3. Дальнейшее накопление материалов требует усилий не одного коллектива.

### **Библиографический список**

Бобринский А.А. Гончарство Восточной Европы: источники и методы изучения. М.: Наука, 1978. 272 с.

Васильева И.Н., Салугина Н.П. Из опыта проведения экспериментального обжига глиняной посуды // Экспериментальная археология. Взгляд в XXI век: мат. междунар. полевой науч. конф. Ульяновск: Печатный Двор, 2013. С. 57–68.

Васильева И.Н., Салугина Н.П. Некоторые итоги 18-летней работы Самарской экспедиции по экспериментальному изучению древнего гончарства // Труды II (XVIII) Всероссийского археологического съезда в Суздале. М.: ИА РАН, 2008. Т. III. С. 156–159.

Волкова Е.В. Роль эксперимента в изучении обжига глиняной посуды // Труды IV (XX) Всероссийского археологического съезда в Казани. Казань: Отечество, 2014. С. 136–140.

Волкова Е.В., Цетлин Ю.Б. К методике изучения режимов обжига древней керамики // Традиции и инновации в изучении древней керамики: мат. междунар. науч. конф. / под ред. О.В. Лозовской, А.Н. Мазуркевича, Е.В. Долбуновой. СПб.: ИИМК, 2016. С. 76–77.

Глушков И.Г., Гребенщиков А.В., Жушиховская И.С. Петрография археологической керамики: проблемы, возможности, перспективы // Актуальные проблемы изучения древнего гончарства: (кол. монография). Самара: Изд-во СамГПУ, 1999. С. 150–166.

Дребушак В.А., Дребушак Т.Н., Молодин В.И., Мыльникова Л.Н., Болдырев В.В., Деревянко Е.И. Результаты и возможности термогравиметрии древней керамики (по материалам городища Чича-1) // Актуальные проблемы археологии, истории и культуры. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. пед. ун-та, 2005. Т. 1. С. 101–111.

Дребушак В.А., Мыльникова Л.Н., Дребушак Т.Н. Комплексное исследование древней керамики: некоторые вопросы методики интерпретации результатов // Annual Review in Cultural Heritage Studies. December, 2006. Vol. 39. S. 316–350.

Дребушак В.А., Мыльникова Л.Н., Дребушак Т.Н. Физико-химическое исследование керамики с поселения переходного времени от бронзового к железному веку Линево-1: возможности методов и интерпретация результатов // Археология, этнография и антропология Евразии. 2010. №4 (44). С. 60–75.

Жушиховская И.С. Методы микроскопии в изучении состава керамики первобытных культур юга Дальнего Востока // Экспериментальная археология. Тобольск: Тобол. гос. пед. ин-т, 1991. Вып. 1. С. 34–48 (Изв. лаборатории экспериментальной археологии Тобольского пединститута).

Молодин В.И. Периодизация, хронология и культурная идентификация памятника Чича (Баранская лесостепь) // Время и культура в археолого-этнографических исследованиях древних и совре-

менных обществ Западной Сибири и сопредельных территорий: проблемы интерпретации и реконструкции: мат. XIV Западно-Сибирской археол.-этногр. конф. Томск: Изд-во ТГУ, 2008. С. 155–163.

Молодин В.И., Мыльникова Л.Н. Бинокулярная микроскопия керамики городища Чича-1 // Социально-демографические процессы на территории Западной Сибири (древность и средневековье). Кемерово: КемГУ, ИАЭТ СО РАН, 2003. С. 147–151.

Молодин В.И., Мыльникова Л.Н. Керамика городища Чича-1 как источник по истории переходного времени от бронзового к железному веку // История и культура Сибири в исследовательском и образовательном пространстве (к юбилею проф. Е.И. Соловьевой). Новосибирск: Новосиб. гос. пед. ун-т, 2004. С. 101–106.

Молодин В., Мыльникова Л. Древняя керамика и методы естественных наук // Українська керамологія: Національний науковий щорічник. За рік 2008. Експеримент у сучасній керамології / за ред. О. Пошивайла. Опішне: Українське народознавство, 2013. Кн. IV, т. 1. С. 469–480.

Молодин В.И., Мыльникова Л.Н. Традиционные и новейшие методы исследования древней керамики (теория и практика) // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки: мат. III междунар. науч.-практ. конф. North Charleston, USA: spc Academic (научно-издательский центр Академический), 2014. Т. 2. С. 30–40.

Молодин В.И., Парцингер Г. Исследование памятника Чича в Барабинской лесостепи (итоги, перспективы, проблемы) // Современные проблемы археологии России. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2006. Т. 1. С. 49–56.

Мыльникова Л.Н. Гончарство неолитических племен Нижнего Амура (по материалам поселения Кондон-Почта). Новосибирск: Ин-т археологии и этнографии СО РАН, 1999. 160 с.

Мыльникова Л.Н. Технологические особенности изготовления керамики поселения Мыльниково. Приложение // Папин Д.В., Шамшин А.Б. Барнаульское Приобье в переходное время от эпохи бронзы к раннему железному веку. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2005. С. 85–126.

Мыльникова Л.Н. Керамика переходного времени от бронзового к раннему железному веку лесостепной зоны Западной Сибири: диалог культур: автореф. дис. ... д-ра ист. наук. Новосибирск, 2015. 42 с.

Мыльникова Л.Н., Васильев Е.А. Керамический комплекс памятника Чекист (Томское Приобье): технология и морфология // Теория и практика археологических исследований. Барнаул, 2016. Вып. 4. С. 82–105.

Мыльникова Л.Н., Деревянко Е.И., Алкин С.В., Нестеров С.П. Физико-химическое исследование керамики Троицкого могильника // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий: мат. Годовой сессии Ин-та археологии и этнографии СО РАН 2008 г. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2008. Т. XIV. С. 224–228.

Мыльникова Л.Н., Дребушак В.А., Дребушак Т.Н. Комплекс методов для исследования древней керамики // Северная Азия в антропогенезе: человек, палеотехнологии, геоэкология, этнология и антропология: мат. Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рождения М.М. Герасимова. Иркутск: Отгиск, 2007. С. 25–30.

Мыльникова Л.Н., Нестеров С.П. Анализ раннеолитической керамики Востока Азии (Россия, Республика Корея) // Кореяская археология XXI в. Сеул: Изд-во Чурюсон, 2012. Т. V. С. 863–898.

Огвоздин В.Ю. Управление качеством. Основы теории и практики: учеб. пособие. 6-е изд. М.: Дело и Сервис, 2009. 304 с.

Папин Д.В., Шамшин А.Б. Барнаульское Приобье в переходное время от эпохи бронзы к раннему железному веку. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2005. 202 с.

Сайко Э.В., Жушиховская И.С. Методы микроскопии в исследовании древней керамики (методические аспекты и практика). Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. 53 с. Препринт.

Сайко Э.В., Кузнецова В.Г. Методические основы исследования древней керамики. М.: Информационный центр по проблемам культуры и искусства, 1977. 50 с.

Термический анализ минералов и горных пород. Л.: Недра, 1974. 399 с.

Физико-химическое исследование керамики (на примере изделий переходного времени от бронзового к железному веку) / В.А. Дребушак, Л.Н. Мыльникова, Т.А. Дребушак и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 98 с. (Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 6).

Цетлин Ю.Б. Древняя керамика. Теория и методы историко-культурного подхода. М.: ИА РАН, 2012. 384 с.

Чича – городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи / Молodin В.И., Парцигер Г., Кривоногов С.К., Казанский А.Ю., Чемякина М.А., Матасова Г.Г., Василевский А.Н., Овчаренко А.С., Гришин А.Е., Ермакова Н.В., Дергачева М.И., Феденева И.Н., Некрасова О.А., Мыльникова Л.Н., Дураков И.А., Кобелева Л.С., Зубова А.В., Чикишева Т.А., Поздняков Д.В., Пилипенко А.С., Ромащенко А.Г., Куликов И.В. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2009. Т. 3. 248 с.

Gosselain O.P. Bonfire of the enquiries. Pottery firing temperatures in archaeology: What for? // *Journal of Archaeological Science*. 1992. №19. С. 243–259.

Drebushchak V.A., Mylnikova L.N., Drebushchak T.N. and Boldyrev V.V. The Investigation of Ancient Pottery: Application of thermal analysis // *J. of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2005. Vol. 82, №3. P. 617–626.

Drebushchak V.A., Mylnikova L.N., Drebushchak T.N. The mass-loss diagram for the ancient ceramics // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2011 Vol. 104. Ed. 2. P. 459–466.

Drebushchak V.A., Mylnikova L.N., Molodin V.I. Thermogravimetric investigation of ancient ceramics. Metrological analysis of sampling // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2007. Vol. 90, №1. P. 73–79.

## References

Bobrinskij A.A. Goncharstvo Vostochnoj Evropy. Istochniki i metody izucheniya [Pottery of Eastern Europe. Sources and Methods of Study]. М.: Nauka, 1978. 272 s.

Vasil'eva I.N., Salugina N.P. Iz opyta provedeniya ehksperimental'nogo obzhiga glinyanoy posudy [From the Experience of the Experimental Firing of Pottery]. Ehksperimental'naya arkheologiya. Vzgl'yad v XXI v.: mat. mezhdunarodnoj polevoj nauchnoj konferentsii [Experimental Archaeology. A Look into the XXI Century: Materials of the International Scientific Field of the Conference]. Ul'yanovsk: Oblastnaya tipografiya «Pечатnyj Dvor», 2013. Pp. 57–68.

Vasil'eva I.N., Salugina N.P. Nekotorye itogi 18-letnej raboty Samarskoj ehkspeditsii po ehksperimental'nomu izucheniyu drevnego goncharstva [Some of the Results of 18 years of Experience of the Samara Experimental Expedition for the Study of Ancient Pottery]. Trudy II (XVIII) Vserossijskogo arkheologicheskogo s'ezda v Suzdale [Proceedings of II (XVIII) all-Russian Archaeological Congress in Suzdal]. М.: ИА РАН, 2008. Vol. III. Pp. 156–159.

Volkova E.V. Rol' ehksperimenta v izuchenii obzhiga glinyanoy posudy [The Role of Experiment in the Study of Firing Pottery]. Trudy IV (XX) Vserossijskogo arkheologicheskogo s'ezda v Kazani [Proceedings of the IV (XX) Russian Archaeological Congress in Kazan]. Kazan': Otechestvo, 2014. Pp. 136–140.

Volkova E.V., Tsetlin Yu.B. [The Role of Experiment in the Study of Firing Pottery]. Traditsii i innovatsii v izuchenii drevnej keramiki: mat. mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii 24–27 maya, Sankt-Peterburg [Tradition and Innovation in the Study of Ancient Ceramics. Materials of International Scientific Conference, May 24–27, St.-Petersburg] / pod red. O.V. Lozovskoj, A.N. Mazurkevicha, E.V. Dolbunovoj. Sankt-Peterburg: IIMK, 2016. Pp. 76–77.

Glushkov I.G., Grebenshikov A.V., Zhushhikhovskaya I.S. Petrografiya arkheologicheskoy keramiki: Problemy, vozmozhnosti, perspektivy [Petrography of Archaeological Ceramics: Problems, Possibilities, Perspectives]. Aktual'nye problemy izucheniya drevnego goncharstva (kollektivnaya monografiya) [Current Issues in the Study of Ancient Pottery (Collective Monograph)]. Samara: Izd-vo SamGPU, 1999. Pp. 150–166.

Drebushhak V.A., Drebushhak T.N., Molodin V.I., Mylnikova L.N., Boldyrev V.V., Derevyanko E.I. Rezul'taty i vozmozhnosti termogravimetrii drevnej keramiki (po materialam gorodishsha Chicha-1) [Results and Opportunities of Thermogravimetry of Ancient Ceramics (Materials of the Chicha-1)]. Aktual'nye problemy arkheologii, istorii i kul'tury [Topical Problems of Archaeology, History and Culture]. Novosibirsk: Izd-vo Novosib. gos. ped. un-ta, 2005. Vol. 1. Pp. 101–111.

Drebushhak V.A., Mylnikova L.N., Drebushhak T.N. Kompleksnoe issledovanie drevnej keramiki: nekotorye voprosy metodiki interpretatsii rezul'tatov [A Comprehensive Study of Ancient Ceramics: Some

Questions of Methodology of the Results Interpretation]. Annual Review in Cultural Heritage Studies. December, 2006. Vol. 39. Pp. 316–350.

Drebushhak V.A., Mylnikova L.N., Drebushhak T.N. Fiziko-khimicheskoe issledovanie keramiki s poseleniya perekhodnogo vremeni ot bronzovogo k zheleznomu veku Linevo-1: vozmozhnosti metodov i interpretatsiya rezul'tatov [Physical Chemical study of the Ceramics from the Settlement of the Transitional Period from the Bronze to the Iron Age Linevo-1: the Possibilities of the Methods and Interpretation of Results]. Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii [Archaeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia]. 2010. №4 (44). Pp. 60–75.

Hushhikhovskaya I.S. Metody mikroskopii v izuchenii sostava keramiki pervobytnykh kul'tur yuga Dal'nego Vostoka [Microscopy Techniques in the Study of the Composition of Ceramics in Prehistoric Cultures of the Southern Far East]. Eksperimental'naya arkheologiya [Experimental Archaeology]. Tobol'sk: Tobol. Gos. ped. In-t, 1991. Issue 1. Pp. 34–48. (Izv. laboratorii eksperimental'noj arkheologii Tobol'skogo pedinstituta).

Molodin V.I. Periodizatsiya, khronologiya i kul'turnaya identifikatsiya pamyatnika CHicha (Barabinskaya lesostep') [Periodization, Chronology and Cultural Identification of the Chicha Site (Barabinskaya Forest-Steppe)]. Vremya i kul'tura v arkheologo-etnograficheskikh issledovaniyakh drevnykh i sovremennykh obshchestv Zapadnoj Sibiri i sopredel'nykh territorij: problemy interpretatsii i rekonstruktsii. Mat-ly XIV Zapadno-Sibirskoj arkheologo-etnogr. konf. [The Time and Culture in Archaeological and Ethnographic Studies of Ancient and Modern Societies of Western Siberia and Adjacent Territories: Problems of Interpretation and Reconstruction. Proceedings of the XIV West-Siberian Archaeological and Ethnographic Conference]. Tomsk: Izd-vo TGU, 2008. Pp. 155–163.

Molodin V.I., Mylnikova L.N. Binokulyarnaya mikroskopiya keramiki gorodishha CHicha-1 [Binocular Microscopy of Ceramics of the Chicha-1 Settlement]. Sotsial'no-demograficheskie protsessy na territorii Zapadnoj Sibiri (drevnost' i srednevekov'e) [Socio-Demographic Processes in the Territory of Western Siberia (Ancient and Medieval)]. Kemerovo: KemGU, IAeHT SO RAN, 2003. Pp. 147–151.

Molodin V.I., Mylnikova L.N. Keramika gorodishha Chicha-1 kak istochnik po istorii perekhodnogo vremeni ot bronzovogo k zheleznomu veku [Ceramics of Ancient Chicha-1 as the Source for the History of the Transition Time from the Bronze to the Iron Age]. Istoriya i kul'tura Sibiri v issledovatel'skom i obrazovatel'nom prostranstve (k yubileyu prof. E.I. Solov'evoj) [History and Culture of Siberia in the Research and Educational Space (the Anniversary of Professor E.I. Solovieva)]. Novosibirsk: Novosib. gos. ped. un-t, 2004. Pp. 101–106.

Molodin V., Mylnikova L. Drevnyaya keramika i metody estestvennykh nauk [Ancient Ceramics and Methods of the Natural Sciences]. Ukraïns'ka keramologiya: Natsional'nij naukovij shhorichnik. Za rik 2008. Eksperiment u suchasnij keramologii [Ukrainian Ceramology: the National Research Yearbook. For the year 2008. An Experiment in Modern Ceramology]. Za redaktsieyu doktora istorichnikh nauk Olesya Poshivajla. Opishne: Ukraïns'ke Narodoznavstvo, 2013. Kn. IV. Vol. 1. Pp. 469–480.

Molodin V.I., Mylnikova L.N. Traditsionnye i novejshe metody issledovaniya drevnej keramiki (teoriya i praktika) [Traditional and Emerging Methods of Research of Ancient Ceramics (Theory and Practice)]. Fundamental'naya nauka i tekhnologii – perspektivnye razrabotki: mat. III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii 24–25 aprelya 2014 g. [Fundamental Science and Technologies – Promising Developments. Proceedings of the III International Scientific-Practical Conference April 24–25, 2014]. North Charleston, USA: spc Academic (nauchno-izdatel'skij tsentr Akademicheskij), 2014. Vol. 2. Pp. 30–40.

Molodin V.I., Parzinger G. Issledovanie pamyatnika Chicha v Barabinskoj lesostepi (itogi, perspektivy, problemy) [The Study of the Chicha Site in the Baraba Steppe (Results, Prospects, Problems)]. Sovremennye problemy arkheologii Rossii [Modern Problems of Archaeology of Russia]. Novosibirsk: Izd-vo In-ta arkheologii i etnografii SO RAN, 2006. Vol. 1. Pp. 49–56.

Mylnikova L.N. Goncharstvo neoliticheskikh plemen Nizhnego Amura (po materialam poseleniya Kondon-Pochta) [Pottery of the Neolithic Tribes of the Lower Amur (on the Materials of the Kondon-Mail Settlement)]. Novosibirsk: In-t arkheologii i etnografii SO RAN, 1999. 160 p.

Mylnikova L.N. Tekhnologicheskie osobennosti izgotovleniya keramiki poseleniya Myl'nikovo. Prilozhenie. [Technological Features of Pottery Production of the Mylnikovo settlement. Application]. Papin D.V., Shamshin A.B. Barnaul'skoe Priob'e v perekhodnoe vremya ot ehpkhi bronzy k rannemu zhe-

leznomu veku [Papin, D.V., Shamshin A.B. Barnaul Ob in the Time of Transition from the Bronze Age to the Early Iron Age]. Barnaul: Izd-vo AGU, 2005. Pp. 85–126.

Mylnikova L.N. Keramika perekhodnogo vremeni ot bronzovogo k rannemu zheleznomu veku lesostepnoj zony Zapadnoj Sibiri: dialog kul'tur [Ceramics of the Transition Time from the Bronze to the Early Iron Age in the Forest-Steppe Zone of Western Siberia: a Dialogue of Cultures.]. Avtoref. diss. ... d.i.n. [Synopsis of the Dissertation of the Doctor of Hist. Sciences]. Novosibirsk, 2015. 42 p.

Mylnikova L.N. Vasil'ev E.A. Keramicheskij kompleks pamyatnika Chekist (Tomskoe Priob'e): tekhnologiya i morfologiya [Ceramic Complex of the Chekist Monument (Tomsk Priobye): Technology and Morphology]. Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovanij [Theory and Practice of Archaeological Research]. Barnaul, 2016. Issue 4. Pp. 82–105.

Mylnikova L.N., Derevyanko E.I., Alkin S.V., Nesterov S.P. Fiziko-khimicheskoe issledovanie keramiki Troitskogo mogil'nika [Physical Chemical Study of the Ceramics of the Troizkiy Burial Ground]. Problemy arkheologii, ehtnografii, antropologii Sibiri i sopredel'nykh territorij: Mat-ly Godovoj sessii In-ta arkheologii i ehtnografii SO RAN 2008 g. [Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Adjacent Territories: Mat-ly Annual session of Institute of Archeology and Ethnography SB RAS, 2008]. Novosibirsk: Izd-vo In-ta arkheologii i ehtnografii SO RAN, 2008. Vol. XIV. Pp. 224–228.

Mylnikova L.N., Drebusshak V.A., Drebusshak T.N. Kompleks metodov dlya issledovaniya drevnej keramiki [Complex of the Methods for the Study of Ancient Ceramics]. Severnaya Aziya v antropogeneze: chelovek, paleotekhnologii, geoehtnologiya, ehtnologiya i antropologiya: Mat-ly. Vseros. konf s mezhdun. uchast., posvyashh. 100-letiyu so dnya rozhd. M.M. Gerasimova [North Asia to Anthropology: People, Paleotechnology, Geocology, Ethnology, and Anthropology: Materials of the All-Russian Conference with International Participation Dedicated to the 100-th Anniversary of M.M. Gerasimov]. Irkutsk: Ottisk, 2007. Pp. 25–30.

Mylnikova L.N., Nesterov S.P. Analiz ranneneoliticheskoj keramiki Bostoka Azii (Rossiya, Respublika Koreya) [Research of the Pottery of the Early Neolithic of East Asia (Russia, Republic of Korea)]. Korejskaya arkheologiya XXI v. [Korean Archaeology of the 21st Century]. Seul: Izd-vo CHuryuson, 2012. Vol. V. Pp. 863–898.

Ogvozdin V.Yu. Upravlenie kachestvom. Osnovy teorii i praktiki: Uchebnoe posobie, 6-e izdanie [The Management of Quality. Fundamentals of Theory and Practice: Study Guide, 6-th Edition]. M.: Izd. «Delo i Servis», 2009. 304 p.

Papin D.V., Shamshin A.B. Barnaul'skoe Priob'e v perekhodnoe vremya ot ehpokhi bronzы k rannemu zheleznomu veku [Barnaul Ob in the Time of Transition from the Bronze Age to the Early Iron Age]. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2005. 202 p.

Sajko Eh.V., Zhushhikhovskaya I.S. Metody mikroskopii v issledovanii drevnej keramiki (metodicheskie aspekty i praktika). Preprint. [Microscopy Techniques in the Study of Ancient Ceramics (the Methodological Aspects and Practice). Preprint]. Vladivostok: DVO AN SSSR, 1990. 53 p.

Sajko Eh.V., Kuznetsova V.G. Metodicheskie osnovy issledovaniya drevnej keramiki [Methodological Foundations of the Study of Ancient Ceramics]. M.: Informatsionnyj tsentr po problemam kul'tury i iskusstva, 1977. 50 p.

Fiziko-khimicheskoe issledovanie keramiki (na primere izdelij perekhodnogo vremeni ot bronzovogo k zheleznomu veku) [Physical Chemical Study of Ceramics (on the Example of Products of the Transition Time from the Bronze to Iron Age)]. V.A. Drebusshak, L.N. Myl'nikova, T.A. Drebusshak i dr. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2006. 98 p. (Integratsionnye proekty SO RAN; Issue 6).

Termicheskij analiz mineralov i gornykh porod [Thermal Analysis of Minerals and Rocks]. L.: Nedra, 1974. 399 p.

Tsetlin Yu.B. Drevnyaya keramika. Teoriya i metody istoriko-kul'turnogo podkhoda [Ancient Ceramics. Theory and Methods of Historical-Cultural Approach]. M.: IA RAN, 2012. 384 p.

Chicha – gorodishhe perekhodnogo ot bronzы k zhelezu vremeni v Barabinskoj lesostepi [Chicha is the Settlement of the Transition from the Bronze to the Iron Age in the Baraba steppe]. Molodin V.I., Parzinger G., Krivonogov S.K., Kazanskij A.Yu., Chemyakina M.A., Matasova G.G., Vasilevskij A.N., Ovcharenko A.S., Grishin A.E., Ermakova N.V., Dergacheva M.I., Fedeneva I.N., Nekrasova O.A., Myl'nikova L.N.,

Durakov I.A., Kobeleva L.S., Zubova A.V., Chikisheva T.A., Pozdnyakov D.V., Pilipenko A.S., Romashenko A.G., Kulikov I.V. Novosibirsk: Izd-vo In-ta arkheologii i etnografii SO RAN, 2009. Vol. 3. 248 p.

Gosselain O.P. Bonfire of the enquiries. Pottery Firing Temperatures in Archaeology: What for? / Journal of Archaeological Science. 1992. №19. Pp. 243–259.

Drebushchak V.A., Mylnikova L.N., Drebushchak T.N. and Boldyrev V.V. The Investigation of Ancient Pottery: Application of Thermal Analysis. // J. of Thermal Analysis and Calorimetry. 2005. Vol. 82, №3. P. 617–626.

Drebushchak V.A., Mylnikova L.N., Drebushchak T.N. The Mass-Loss Diagram for the Ancient Ceramics // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2011 Vol. 104. Ed. 2. Pp. 459–466.

Drebushchak V.A., Mylnikova L.N., Molodin V.I. Thermogravimetric Investigation of Ancient Ceramics. Metrological Analysis of Sampling // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2007. Vol. 90, №1. Pp. 73–79.

**L.N. Mylnikova**

**THERMAL METHOD IN DETERMINING THE CERAMIC FIRING  
QUALITY FROM THE BARABA FOREST-STEPPE SITES:  
NEOLITHIC – TRANSITION TIME FROM  
THE BRONZE TO THE EARLY IRON AGE**

The temperature of ceramic firing is an originally considered an indicator of a pottery development level. The firing of ceramic ware still remains quite difficult to study. Thermogravimetry in the world practice is used to determine the firing temperature. Novosibirsk researchers have developed a quantitative model describing changes in mass loss by a sample due to thermal transformations demonstrating the quality of ceramic firing. Research was carried out on a collection of ceramics samples the Neolithic, Bronze and transitional time from the Bronze to the Iron Age from Baraba forest-steppe. Materials of the late Neolithic and Bronze sites (Andronovovskaya (Fedorovskaya) culture) are very similar in quality: the products of “medium” predominate but there is also “bad” quality-firing with a short exposure and low temperature. Results of ceramics study of the transition from the Bronze Age to the Early Iron Age show a fairly large scope in quality: from good to poor firing. The diagram clearly identifies the Early Neolithic complexes of the Far East: the quality of firing is “poor”. The dynamics of quality improvement is observed in the increase in the time of exposure of products in the heat engineering device – the fire. Thermogravimetry can be a method to identify the oldest ceramic complexes.

*Key words:* thermal method, ceramics, the Neolith, the Bonze, transition time from the Bronze Age to the early Iron Age, the quality of firing.