

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КИРПИЧЕЙ СЕМИКАРАКОРСКОЙ КРЕПОСТИ. ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ

Двинувшись с востока, они нашли в земле Сennaар равнину и поселились там. И сказали друг другу: наделаем кирпичей и обожжем огнем.

Бытие. 11, 2-3.

Предлагаемая работа¹ представляет собой первый в хазароведении опыт реконструкции некоторых технологических параметров и процессов изготовления кирпича в каганате на примере Семикаракорской крепости (Ростовская обл., Семикаракорский р-он). При том, что крепость, как и ее цитадель (план см. в иллюстрациях к статьям В.С.Флёрова в настоящем сборнике), построена из сырового кирпича, объекты внутри крепости возводились из обожженного. Он же в незначительном количестве внедрялся в крепостные стены и башни (Флёров В.С., 1972; 1973; 2001; Flerov V., 1999). Изучение кирпича Семикаракорской крепости представляет особый интерес – весьма вероятно, что крепость была одной из ставок хазарских каганов на Нижнем Дону. Надо полагать, кирпич для ее строительства заготавливали достаточно высокого качества, насколько это было возможно при существовавших в каганате технологиях кирпичного производства.

Размеры семикаракорских кирпичей преимущественно 25×25×5 см с отклонениями по ширине, длине и высоте в пределах 1 см, иногда и больше. Для нашего исследования отбирались обломки с размером сторон 10-15 см. В дальнейшем от них отделялись фрагменты в 5-6 см, оставшаяся часть использовалась в качестве контрольной для сравнений.

Количество отобранных образцов – 10. Они имеют следующие характеристики.

1. Кирпич хорошо прожжен, в срезе обжиг однородный, цвет охристо-оранжевый, довольно однородное тесто, много раковин (пустот) от выгоревших органических включений. Заметных примесей нет. Несколько мест (или включений), отличающихся по цвету (оранжевый), возможно,

от попаданий глины другого цвета. На нижней поверхности – отпечатки частиц рубленой *травы* (выгоревшей) – след подстилки при набивании глины в форму. Здесь же крупная пустотная раковина 3×2 см от какого-то предмета, попавшего на поверхность при изготовлении.

2. В срезе трехслойный: наружные слои толщиной в 5-6 мм оранжевого цвета, внутри черный слоистый; включения белого цвета крупные (до 5 мм) и мелкие. Как и у первого образца, раковины от выгорания органики и отпечатки травы на нижней поверхности, прилипшей при “набивании” формы.

3. Полностью однородный, цвет серовато-охристый. В тесте есть раковины: крупные (до 4 мм) и мелкие (до 1 мм) примерно в равном соотношении. Видимых примесей нет. Несколько включений серого цвета, – вероятно, случайно попавший при изготовлении мусор.

4. Прожжен насквозь хорошо и равномерно, в срезе цвет красно-коричневый, полностью однородный. Фрагмент твердый и прочный, *заметно тяжелее вышеописанных* (см. ниже образец 9). Включения желто-белого цвета: крупные (до 2 мм) и мелкие (менее 1 мм), рассеянные. Мало следов от выгоревшей травы.

5. Трехслойный, наружные слои толщиной около 2 мм охристого цвета, внутри черный (оттенок “бледный”). Тесто однородное, раковин мало, заметных преднамеренно добавленных включений, в т.ч. частиц травы, нет.

6. Трехслойный, наружные слои толщиной 2-3 мм интенсивно оранжевого цвета, затем слой охристый толщиной около 5 мм (если считать эти слои как отдельные, то получится пятислойный) и внутри охристый с краснотой. Раковин много, но

¹ Исследование выполнено в рамках научной программы “Хазарский проект”.

мелкие (до 1 мм), заметных на глаз примесей, в т.ч. травы, нет.

7. Однородный, хорошо прожженный, охристо-коричневого цвета в срезе, раковин мало. Заметных примесей нет, в т.ч. травы.

8. Однородный, хорошо прожженный, охристо-коричневого цвета в срезе, много крупных раковин, хорошо заметны следы (пустоты) травы.

9. Полностью однородный, хорошо прожжен, оранжево-коричневого цвета в срезе, *очень тяжелый*, прочный и твердый (см. выше образец 4). Встречаются раковины (до 1 мм), следов травы и заметных иных примесей нет. Именно этот кирпич особенно выделяется среди прочих водопоглощением (табл. 1).

10. Однородный, хорошо прожжен, охристо-го цвета, много крупных раковин, заметны следы травы в тесте, но очень мало.

Таким образом, на многих фрагментах (не только образцах) на нижних постелях хорошо видны следы от выгоревшей "подсыпки" из рубленой травы, предотвращавшей при формовке прилипание кирпичей к грунту. Судя по оставшимся следам, трава рубилась достаточно мелко – 0,5-1 см.

Эта же трава использовалась в качестве "отощителя" – добавки, понижающей пластичность глиняного теста (чтобы не прилипало к рукам и к форме), для того, чтобы ускорить и сделать удобным процесс изготовления сырьевого кирпича. Полуфабрикат в этом случае (с большим количеством травы) быстрее высыхал, но этот эффект вряд ли был как-то особенно важен. Количество отощителя (рубленой травы), судя по количеству и расположению раковин, не дозировалось, а варьировалось в широких пределах, начиная с нуля. Это следует иметь в виду, чтобы избежать излишней дифференциации кирпичей по данному признаку. И в целом, видимо, дозировка сырья, воды и добавок не была строгой, количество подбиралось по ходу приготовления.

На поверхности кирпичей встречаются следы пальцев и ладоней, видимо, изделия уплотняли при набивке. Встречаются фрагменты с параллельными полосами на верхней поверхности, получившимися при удалении теста, выступавшего над краями формы, или при выравнивании поверхности предметом вроде деревянной дощечки (современное приспособление такого рода называется "циклей").

На поверхности и в срезе часто бывают видны складки и неслипшиеся слои, получившиеся при наполнении формы густым и плотным глиняным тестом, что говорит о его невысокой влажности.

При воздействии кислоты на кирпичные фрагменты происходит газовыделение, что указывает

на включения карбонатов (известняк) в мелко-рассеянном виде. Но возможна и заизвесткованность при пребывании в грунте; происхождение карбонатов в кирпиче пока не совсем ясно.

Глины, использовавшиеся в качестве сырья, были неоднородны. Об этом свидетельствуют вариации цветовой гаммы обожженных кирпичей и наличие различных естественных примесей, что связано с несколькими местами добычи или разными слоями в грунте.

Процесс подготовки глиняного теста и формовки кирпичей, по-видимому, был подобен нынешнему изготовлению "самана" – прессованных блоков из смеси глины и соломы, высушенных на солнце и использовавшихся как стеновой материал. Глиняное тесто ("замес") готовили на грунте, насыпая глину толщиной 40-60 см, затем заливая водой в центре и досыпая сухую солому, ногами "вытаптывали" раствор нужной пластичности. Если объем был большой, то использовали и лошадей, которых водили по кругу "в поводу", но часть работы все равно делали ногами там, где лошади не могли развернуться. Готовое тесто набивали в деревянные формы, установленные на ровной земляной площадке с соломенной подсыпкой. Затем форму поднимали вверх, полуфабрикат подвигивался и сушился на воздухе, по мере сушки его переворачивали. В случае непогоды накрывали чем-либо. Сушка осуществлялась на воздухе. Понятно, что производство могло быть только в сухую погоду, преимущественно летом (см. статью В.С.Флёрова о строительстве из сырьевого кирпича в настоящем томе).

Показателем, который характеризует свойства обожженного керамического материала или изделия, является водопоглощение. Его величина может служить как самостоятельным показателем керамического изделия, определяющим его пористость и прочность, так и характеристикой процесса спекания глиняной массы. Водопоглощение определяется в % отношением массы воды, поглощенной в установленный срок полностью погруженным в воду образцом, к массе того же образца до насыщения водой. Водопоглощение вычисляют как среднее арифметическое результатов для трех образцов.

Пористость или водопоглощение (это в данном случае синонимы) зависит от природы материала – наличия в нем легкоплавких компонентов, выгорающих добавок и т.д., и температуры обжига. Другие факторы влияют на эти величины довольно слабо. Так, в очень малой степени величина водопоглощения зависит от уплотнения при изготовлении (формовке): разница в показателях у полуфабриката из жидкого глиняного теста, налитого в форму, и у полуфабриката, изготовленного

го плотной набивкой пластичной массы такого же состава, составляет от 2 до 3,5% в сторону уменьшения. Увеличение продолжительности обжига при максимальной температуре также несущественно изменяет водопоглощение – увеличение времени выдержки в два раза при максимальной температуре обжига понижает водопоглощение в пределах 1,5%.

Размер фрагментов будет влиять на определение водопоглощения только в отношении времени “замачивания”, скорости насыщения водой: для крупных фрагментов это время составит сутки, для мелких – два часа. У одного и того же материала (одного и того же кирпича) величина водопоглощения будет зависеть только от температуры обжига.

Исследования образцов проводились в лаборатории цеха художественного фаянса Семикаракорского предприятия народного художественного промысла, специализирующегося на выпуске фаянса и терракотовых изделий. Лаборатория аттестована Северо-Кавказским центром метрологии и стандартизации на проведение испытаний и определения показателей керамических изделий².

Водопоглощение определялось по РСТ 604-91 “Изделия керамические народных художественных промыслов и гончарные. Общие технические условия”, пункт 4.12. Образцы высушивали в термостате до постоянной массы при температуре 110-120°, затем охлаждали в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивали с точностью до 0,01 г. Взвешенные образцы укла-

дывали в емкость, заливали водой и кипятили в течении 2 часов, затем оставляли в воде. Остывший образец вынимали, обтирали и снова взвешивали. По разнице в весе определяли величину водопоглощения (Республиканский стандарт ..., 1991, с.16).

Оборудование, использовавшееся при проведении испытаний:

- шкаф сушильный лабораторный СНОЛ 2,5×2,5×2,5 / 2м;
- весы лабораторные равноплечие ВЛР – 200М;
- печь высокотемпературная электрическая СНО – 4,8×2,8 / 3,1;
- потенциометр электронный дисковый КСП – 3;
- термопара ППР ГОСТ 6116.

Следует указать на небольшой “мешающий” фактор при определении величины водопоглощения: фрагменты кирпичей имеют плесень внутри и на поверхности; внутри, в порах, есть микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, при пребывании в почве в кирпичи попадали органические вещества и т.д. Эти материалы, занимая некоторый объем при малом весе, препятствовали заполнению водой всех пор внутри кирпича, искажая, таким образом, результат определения в сторону уменьшения. Величина этого искажения была определена отдельно и составляла от 2,5 до 4,5%, ее учитывали при расчете реальных показателей водопоглощения образцов. Показатели водопоглощения (в %) описанных ранее образцов кирпичей представлены в табл.1.

Табл. 1

№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатель водопоглощения (%)	20,07	18,99	18,74	15,15	15,66	16,73	13,69	18,06	11,54	15,30

Для сравнения: величина водопоглощения по действующим ГОСТам для глиняного кирпича, изготовленного способом пластического формования из различных видов глин, обожженного в конвейерной печи с использованием каменного угля в качестве топлива, составляет не менее 8 и не более 20%, т.е. *кирпич Семикаракорской крепости – качественный даже по современным стандартам.*

Разброс показателей (табл.1) достаточно небольшой. Для сравнения: у фаянсовых изделий, выпускаемых Семикаракорским предприятием, допустимая по техническим условиям величина водопоглощения составляет от 6 до 9%, реально – от 5 до 11%. Расхождение в показателях водопоглощения у кирпичей объясняется в основном различным количеством добавленной травы, которая позже выгорела.

² Благодарю Т.А.Давиденко, А.И.Копосову, В.В.Попову за проведение лабораторных работ.

Для "закрепления" результатов исследования было проведено повторное определение показателей у другой партии образцов, также отобранных на территории городища. Величина водопоглощения контрольных образцов составила: 16,2; 17,8; 18,1; 23,5; 17,3; 19,3; 25,0; 18,5; 16,2. Эти показатели, таким образом, несущественно отличаются от показателей первой партии. Можно предполагать, что при большом числе определений показатели распределяются по кривой Гаусса. Для сравнения по этой же методике были определены показатели у современного кирпича, изготовленного из "красной" глины пластическим формованием, они составили: 18,4; 17,2; 13,8; 16,6.

Перейдем к главной цели исследования: *определение температуры обжига* кирпичей Семикаракорской крепости. Оно производилось по результатам найденных величин водопоглощения. Суть определения известна и состоит в том, что водопоглощение кирпича (как любого керамического изделия) не будет меняться, если температура повторного (т.е. лабораторного) обжига будет такой же или ниже, чем у первоначального, т.к. процессы плавления и спекания, возможные при данной температуре, уже произошли. Таким образом, проведя серию обжигов при разных температурах и определяя водопоглощение кирпича, затем сокращая температурный интервал, можно точно установить температуру, при которой водопоглощение кирпича не меняется, и эта температура будет соответствовать максимальной при первом обжиге. Исследования проводились на фрагментах хорошо и однородно прожженных. Максимальная температура, при которой еще не изменяются установленные первоначально показатели, составляет 980°.

Правильность выбранной методики подтверждается тем, что при температуре повторного обжига, равной температуре первого, не меняется в срезе ни цвет, ни фактура, ни механическая прочность, что также свидетельствует об отсутствии "нового" спекания. В том случае, если температура повторного обжига была выше, – меняются цвет, даже размеры, заметно увеличивается прочность, соответственно снижается водопоглощение. Например, при температуре 1120° водопоглощение снижается до 4,2% (для сравнения: у стекла – 0).

Следующая группа определений проводилась с фрагментами кирпичей, имеющими *черную "сердцевину"*. При температуре до 400° цвет "сердцевины" не изменялся, оставался таким же насыщенным. При 500° черный цвет терял свою интенсивность, становился "бледнее" и светлее. При 600° черный цвет заметно ослабевал, вместо него проступал охристый, в этом виде хорошо

видны следы от травы. При 800° черный цвет исчезал полностью.

Таким образом, минимальная температура была в *черной сердцевине*, ее величина составляла 400-500°. Черная сердцевина свидетельствует о том, что полностью не прошли процессы окисления углерода из органических соединений в результате непродолжительного обжига и невысокой температуры.

Современные исследователи по поводу образования черной "сердцевины" пишут следующее: "Их выгорание (органических примесей и добавок) происходит в несколько этапов. При температуре 350-400° выделяются и сгорают летучие вещества. Коксовый (углеродный) остаток выгорает медленно и при более высокой температуре, 700-800°. Скорость его выгорания обратно пропорциональна квадрату толщины изделия и в сильной степени зависит от избытка воздуха в печных газах. Это выгорание должно быть завершено в период, когда весь керамический материал является пористым и газопроницаемым. Если процесс уплотнения периферической оболочки изделия будет опережать процесс выгорания остатка добавок, то газы, создавая повышенное давление внутри кирпича, могут вызвать деформацию размягченного изделия, а прорыв газов в отдельных местах приведет к образованию трещин. Внутри изделия в этом случае останется черная сердцевина, которая свидетельствует о наличии невыгоревшего углерода" (Гольцева О.Б. и др., 2005, с.27). Другие авторы: "Горение углерода начинается с поверхности образцов и перемещается вглубь материала ... Выявлено, что скорость разложения органических веществ и выгорание углерода при нагревании глины до 600° носит экстремальный характер, а затем диффузионный, т.е. скорость горения лимитируется скоростью диффузии кислорода из окружающей среды. Анализ механизма выгорания углерода показывает его тождественность процессу твердофазовых реакций, лимитирующих скорость диффузии подвижного реагента через слой продукта реакции" (Кара-Сал Б.К. и др., 2008, с.23).

Итак, *скорость обжига* для данного вида изделий (кирпичей городища) была слишком высокой. Обычно самая высокая температура бывает сверху массы обжигаемых изделий, в середине она ниже градусов на 50, внизу, где экранируется полом, температура минимальна. Большая часть кирпичей, из тех, что были осмотрены на городище, имеет черную "сердцевину", и можно предполагать, что размещались они внизу. Соответственно, с покрасневшей сердцевинной залегающей над ними.

Температуру, при которой обжигались кирпичи, можно создать как в гончарной печи, так и в

штабелях, но при длительном обжиге и с применением большого количества дров. Учитывая потребности строительства внутри цитадели Семикаракорской крепости, т.е. огромное количество полуфабриката, большой вес и необходимость высокой производительности, обжиг производили, вероятнее всего, в штабелях. Печи не могли обеспечить высокую производительность, и их число было бы велико. Экономическая целесообразность, т.е. небольшие затраты и высокая производительность, превалировала над качеством и другими показателями, хотя, судя по количеству и качеству кирпичей, обжиг вряд ли был исключительной или трудной операцией³.

В штабеле это мог быть конус из кирпичей, заваленный топливом – дровами разного размера. Время активного обжига – несколько часов, но не менее 3-4 в жару или пламени, вместе с остыванием обжиг длился 1-2 суток. Штабель имеет то преимущество, что разогревается медленно, и вероятность растрескивания кирпичей существенно меньше. Черные прослойки внутри и пятна на по-

верхности, с учетом основной причины – недоступность воздуха, также могут свидетельствовать о складывании в стопу.

О сырье. Глины и суглинки, которые могли быть использованы в качестве сырья для изготовления кирпичей, занимают большую часть территории Семикаракорского района и располагаются в виде грунтов на разной глубине. Эти грунты сложены из аллювиальных и делювиальных глин и суглинков четвертичного периода. Залегают они, как правило, на небольшой глубине, местами выходят на поверхность. Обычно сверху перекрыты слоем гумусированной почвы разной мощности, в этом случае требуется “вскрыша” – удаление этого верхнего слоя.

Все они имеют достаточную пластичность, чтобы из них формовать кирпичи, и хорошую спекаемость для обжига. Химический состав суглинков, разведанных на ближайших месторождениях в пределах 7 км от городища (самое ближнее – Семикаракорское-1 в 3 км), представлен в табл.2 (Справочник ..., 1992, с.131-134):

Табл. 2

Химический состав	Месторождения			
	Семикаракорское-1	Семикаракорское-2	Семикаракорское-3	Раздорское
	%	%	%	%
SiO ₂	62,40-67,51	60,50-69,87	60,12-61,07	59,17-71,33
Al ₂ O ₃ TiO ₂	11,44-13,84	11,51-19,12	11,53-12,13 0,72-0,79	11,5-13,36
Fe ₂ O ₃	4,91-6,03	4,53-5,94	4,70-5,07	4,05-5,1
CaO	5,03-7,44	5,47-9,46	5,63-8,01	4,26-8,60
MgO	1,17-2,85	0,77-2,65	2,23-2,98	1,52-1,96
K ₂ O	–	–	1,98-2,08	–
Na ₂ O	–	–	1,12-1,29	–

Таким образом, сырье примерно одинаково на всей прилегающей территории, и на данный момент нет какого-либо показателя, по которому можно было бы связать семикаракорские кирпичи с определенным местом добычи сырья (для этого надо исследовать состав глин сотен кирпичей без особой надежды на успех).

Глины, содержащие мало глинозема (Al₂O₃) и много окислов железа, щелочных и щелочно-земельных металлов, являются легкоплавкими и спекаются при низкой температуре. Наличие Fe₂O₃ в количестве до 1% обуславливает белый цвет глины после обжига, от 1 до 2% – придает керамике желтоватый оттенок, при большем содер-

³ Примечание В.С.Флёрова: “Вывод С.Ф.Токаренко или, осторожнее, предположение об экономической целесообразности и возможности обжига кирпичей для строительства зданий в Цитадели и небольшого количества кирпичей, встраивавшихся в крепостные стены и стены донжона Семикаракорской крепости, без обжигательных печей, то есть в штабелях, представляет большой интерес. Возможно, получает объяснение, почему около крепости никаких следов печей не обнаружено. Имеется упоминание о печах около Саркела (Артамонов М.И., 1958, с.24). Но их местоположение не “около”, а в 2 км от Саркела, а главное, круглая конструкция и диаметр топочных камер в 2 м позволили П.А.Раппопорту определить их как обычные гончарные печи для обжига сосудов (Раппопорт П.А., 1959, с.19, 20).

жании Fe_2O_3 палитра меняется от желтого (3-4%) до красного (5-8%), и при более высоком содержании цвет становится бурый. Так как семиркакорские кирпичи имеют оранжевый – светло-красный цвет, то содержание Fe_2O_3 можно определить в пределах 4,5-5,5 %.

Местные глины и суглинки в большинстве относятся к разряду “жирных” – высокопластичных, т.к. состоят из мелких пылевидных частиц. Они хорошо лепятся и тянутся, пригодны для всех видов керамики, включая кирпичи. Для удобства работы с “жирными” глинами в них добавляют отощители – песок, шамот, пепел и т.п. При изготовлении кирпичей в современном производстве для отощения вводят выгорающие добавки – опилки, просеянные через сито с размером ячеек 8×8 мм. Выше уже говорилось, что в кирпичях городища есть следы от выгоревшей рубленой травы с размерами частиц от 0,5 до 1 см. Таким образом, и природа, и фракции отощающей добавки схожи с современными: в семиркакорских кирпичях роль опилок выполняла рубленая трава.

Отсутствие в кирпичях значительных количеств механических примесей и больших раковин (пустот) от выгорания крупных органических включений указывает на предварительное *обогащение сырья* – инородные материалы (камни, ветки, корни и т.д.) отсортировывались.

Факторы, определявшие выбор места добычи сырья, были, безусловно, экономические: прежде всего, доступность (сырье должно было находиться рядом с местом изготовления кирпичей, залегать на поверхности или на небольшой глубине), наличие рядом воды в больших объемах, близость топлива для обжига и т.п. Технологические параметры (например, пластичность, спекаемость) не играли значительной роли. Вблизи городища суглинки, находящиеся в качестве сырья, располагаются вдоль берега реки Салок, и на склоне невысокого всхолмления над его поймой, на котором находится городище, выходят на поверхность или располагаются на глубине 0,2-0,4 м. По существу, крепость ставилась на массиве гончарной глины. Расстояние до площадки, выбранной под строительство крепости, от мест вероятной добычи и речки буквально несколько десятков метров. Здесь суглинки представлены четырьмя видами: желтый, желто-бурый, серый, буровато-серый. Наибольшую пластичность имеет желтый суглинок, но достаточную для пластического формования имеют и все остальные, и в этом смысле все пригодны для использования. Еще одно свойство делает их удобными для использования: по происхождению они лессовые, рыхлые и потому не требуют предварительного измельчения. Эти суглинки содержат мелкий серый песок в небольших ко-

личествах – 6-8%, имеют большую усушку (сильно уменьшаются в размерах при сушке) и огнеую усадку (при обжиге) и потому требуют большого количества рубленой травы, чтобы понизить этот показатель и избежать растрескивания при сушке и обжиге.

Окислы железа содержатся в этом сырье в количестве 5-6% и окрашивают черепок в красный цвет, который соответствует цвету кирпичей. Данное сырье содержит карбонаты щелочноземельных металлов (сильно “кипит” под действием кислоты), которые способствуют спеканию массы при невысоких температурах обжига и повышают пористость. Огневая проба (обжиг) при 810° у всех четырех видов сырья показала одинаковый цвет – светло-красный, полностью совпадающий с окраской некоторых кирпичей. Величина водопоглощения у образцов (“лепешки”), изготовленных из этого сырья и обожженных при 810°, составила: 14,3; 16,8; 17,7; 15,8, т.е. показатели сходны с водопоглощением у кирпичей и могут варьироваться довольно широко в зависимости от температуры обжига и количества добавок.

Таким образом, по цвету, свойствам, “производственным” характеристикам данное сырье схоже с сырьем, использовавшимся для изготовления кирпича, и предположение о том, что сырье брали тут же на берегу под городищем, не противоречит имеющимся данным.

Учитывая огромный объем производства (десятки тысяч единиц изделий) и короткий производственный цикл (лето), можно с большой степенью вероятности предположить, что производительность должна была быть очень высокой и все производственные процессы подстраивались под этот показатель. Выбор сырья и места добычи, подготовка теста, транспортировка, обжиг в штабелях и т.п. планировались и осуществлялись, исходя из необходимости обеспечить выпуск заданного количества.

Отвлекаясь от объективных показателей и результатов проведенных испытаний, необходимо отметить общее высокое качество семиркакорского кирпича. Он выдержал практически без изменений основных свойств испытание временем, залегая непосредственно под поверхностью городища или прямо на ней. Последнее свидетельствует и о его *морозоустойчивости*, и о сохранении механических свойств при перепадах температур в течение повторяющихся столетиями годовых циклов. Семиркакорский кирпич очень прочен, вязок, не крошится, выдерживает сильные удары и падения. Есть свидетельства о том, что семиркакорцы во 2-й пол. XIX в. добывали в развалинах крепости обожженные кирпичи сине-красного цвета и складывали из них печи в домах (Фоменко В.А., 1969, с.11, 12). В

широких масштабах в это же время добывались для вторичного использования и кирпичи из развалин Саркела. Их механическая прочность, которую в свое время П.А.Раппопорт посчитал "малой", так

же прошла испытание временем. Показательно, что саркельские кирпичи обжигались при температуре около 800°, как и некоторая часть семикаракорских (Раппопорт П.А., 1959, с.14).

Литература и архивные материалы

- Артамонов М.И., 1958. Саркел-Белая Вежа// МИА. № 62.
- Гольцева О.Б., Клековкин В.С., Ноговицын О.Б., Дмитриев Н.Л., 2005. Причинно-следственные связи брака при обжиге кирпича в туннельных печах// Стекло и керамика. № 3.
- Кара-Сал Б.К., Сат Д.Х., Каминская Ю.Д., Очур-Оол А.П., 2008. Влияние органических веществ глинистых пород на образование черной сердцевины керамических изделий// Стекло и керамика. № 3.
- Раппопорт П.А., 1959. Крепостные сооружения Саркела// МИА. № 75.
- Республиканский стандарт РСФСР, 1991. Изделия керамические народных художественных промыслов и гончарные. Общие технические условия. М.
- Справочник по месторождениям нерудных полезных ископаемых Ростовской области, 1992. Ростов-на-Дону.
- Флёров В.С., 1972. Раскопки Семикаракорского городища// АО 1971 года.
- Флёров В.С., 1973. Раскопки Семикаракорского городища// Археологические раскопки на Дону. Ростов-на-Дону.
- Флёров В.С., 2001. "Семикаракоры" – крепость хазарского каганата на Нижнем Дону// РА. № 2.
- Фоменко В.А., 1969. Откуда это название. Днепропетровск.
- Flerov V., 1999. The Fortifications of the Khazar Khaganate in Light of the excavations of the Forts of Semikarakor and Pravoberezhnaya Tzimplanskaya// The Khazars. International colloquium, Jerusalem, May, 24-28. Abstracts. Jerusalem.

Summary

S.F.Tokarenko (Semikarakorsk, Rostov-upon-Don province. Russia)

MANUFACTURING TECHNIQUES OF BRICKS OF SEMIKARAKORSK FORTRESS. ATTEMPT OF RECONSTRUCTION

The paper presents the reconstruction of the technological process of manufacturing the Khazar time burnt bricks; calculations of firing temperatures are given; a comparison with the modern process of brick manufacturing is made; a description of the kinds of raw material and the sites of its extraction is presented.

Ten samples were subjected to laboratory experiment. Some of them contained a certain amount of grass or sand admixture; the others had no artificial admixture. Water absorption property serves for determination of the firing temperature. To verify the results the examination was repeated on another set of samples. Water absorption of the samples was within the limits of 16.2-25.0%. The maximum temperature of firing for the whole range of red bricks could reach 980°C. The temperature of firing for the bricks with a black core was within 400-500°C.

Considering a great need in bricks during the construction inside the citadel of the Semikarakorsk fortress, firing was most likely to be made in stacks. Kilns could not provide high productivity and their number would be great. Economic expedience (small expenses and high productivity) prevailed over quality and other parameters. Judging by the amount and quality of bricks, firing was hardly a labour-intensive operation.

Статья поступила в редакцию в марте 2009 г