

УДК 542.8:666.3(575.23)

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЖЕТИ-ОГУЗСКОЙ КЕРАМИКИ

*М.Т. Касымова, Г.Т. Орузбаева*

Исследованы образцы древней керамики Джети-Огузского района. Определена температура обжига Джети-Огузской керамики.

*Ключевые слова:* рентгенофлуоресцентный анализ; микроскопический анализ; химический состав; рентгенофазовый анализ.

---

## PHYSICAL AND CHEMICAL RESEARCHES OF JETI-OGUZ CERAMICS

*M.T. Kasymova, G.T. Oruzbaeva*

The article presents samples of ancient ceramics Jeti-Oguz district. The firing temperature of Jeti-Oguz ceramics is determined.

*Keywords:* X-ray fluorescence analysis; microscopic analysis; the chemical composition; X-ray analysis.

Керамическое производство имеет интересную и сложную историю. Остатки керамических изделий рассказывают об особенностях развития одного из основных производств на территории Кыргызстана [1], культурно-экономических взаимосвязях городов и областей среднеазиатских народов и народов, проживавших на территории Кыргызстана. Поэтому керамические изделия представляют большой интерес для изучения истории развития ремесел народов, проживавших на территории Кыргызстана.

Для получения максимально возможной информации об исследуемом образце необходимо один и тот же образец изучить с помощью комплекса методов. Комплекс состоит из различных дополняющих друг друга методов: микроскопического, рентгенофлуоресцентного и рентгенографического анализа. Микроскопический анализ позволяет получить информацию о количественном соотношении глинистых минералов и отошителей [2]; рентгенофлуоресцентный анализ – информацию о химическом составе керамики; рентгенофазовый анализ – информацию о видовом составе отошителей и иногда глинистых минералов.

В работе исследованы керамические образцы, которые были собраны профессором К.Ш. Табалдиевым в ходе многолетних археологических работ на территории Джети-Огузского района Кыргызстана

Минерально-фазовый состав изучен рентгеноструктурным и микроскопическим методами.

Были определены состав и структура керамики: отсутствие или наличие отошающего материала, его содержание, размер, форма и ориентировка зерен, минеральный состав, а также изменения отошителя, вызванные обжигом. Результаты микроскопической оценки контролировали данными рентгенофлуоресцентного анализа, с помощью которого определено содержание  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{MgO}$ ;  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{O}$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$  (таблица 1) [3]. Характер высокотемпературных новообразований уточнялся по данным рентгеноструктурного анализа.

Характер среды при обжиге керамики устанавливали по окраске и изменению фазового состава черепка. Зоны, находившиеся в восстановительной среде, включали ококсованную органику и сажистый углерод и имели черную или темно-серую окраску (рисунки 1, 5). Участки черепка, находившиеся в окислительной среде, приобретали кирпично-красный цвет из-за кристаллизации гематита (рисунок 3).

Определение температуры обжига фрагментов керамических изделий производили по совокупности полученных данных с учетом степени аморфизации глинистого вещества, среды и характера высокотемпературных новообразований [4]. Основными критериями являлись полнота диссоциации крупных кристаллов кальцита, достигающаяся в результате обжига лессовидных суглинков при  $800^\circ\text{C}$  [5], появление геленита ( $800^\circ$ ), волластонита ( $850^\circ$ ) и муллита ( $1000^\circ$ ), а также кристалли-

Таблица 1 – Химический состав Джети-Огузской керамики

№ обр.	1	2	3
Местонахождение	Бассейн р. Тосор	с. Уч-Курбу	Бассейн р. Тосор
Век	II тыс. до н.э.	III–II в. до н.э.	II–III в. н.э.
SiO <sub>2</sub>	62,26	56,92	70,35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,2	26,06	20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,61	10,55	3,14
K <sub>2</sub> O	5,45	3,58	2,45
CaO	6,09	0,502	1,36
MgO	1,15	1,43	0,54
TiO <sub>2</sub>	0,338	0,59	0,714
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,425	-	-
MnO <sub>2</sub>	0,076	0,061	0,015
BaO	0,079	0,019	0,016
ZrO <sub>2</sub>	0,034	0,027	0,048
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0,047	0,023
SrO	0,035	0,027	0,021
Rb <sub>2</sub> O	0,032	0,013	0,014
ZnO	0,008	0,0104	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,034	0,008	-
CuO	-	0,007	-
Na <sub>2</sub> O	1,58	-	0,77
SO <sub>3</sub>	0,258	-	0,14
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,005

зация из расплава моноклинных пироксенов типа эгиринавгита при 1000° [6].

При малых увеличениях (200 %) под микроскопом изучали структуру фрагментов керамических изделий – характер и расположение пор и трещин, признаки расслоения и другие дефекты.

Грубая керамика эпохи бронзы (образец № 1) готовилась из относительно малопластичных глинистых пород – местных лессовидных суглинков, не требовавших введения отошчающих добавок. Изредка керамическая масса готовилась с добавлением органических примесей (рисунок 1). В керамике такого типа содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (15–18 %) и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> низкое (обычно 3–4 %), содержание же Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (до 6–7 %) и CaO (6–7 %) повышенное (таблица 1).

Результаты рентгенофазового анализа (рисунок 2) свидетельствуют о том, что образец № 1 состоит из аморфно-кристаллической фазы. Кристаллическая фаза присутствует в незначительном количестве и представлена ангидритом (d = 2,32А), иллитом (d = 2,84А), ортоклазом (d = 1,774А), гематитом (d = 1,353А), касситеритом (d = 1,253А), форстеритом (d = 1,165А) и корундом (d = 1,513А). Присутствие минеральных фаз ортоклаз-мусковит-волластонит свидетельствует о температуре обжига данного фрагмента, составляющей примерно 850–950 °С.

В качестве исходного сырья при изготовлении керамики III–II в. до н.э. (образец № 2) применяли пластичные глины (рисунок 3). Такие глины нуждаются в отошчителях. В качестве отошчителя чаще использовали природные материалы без специальной обработки (речной песок) и измельченные осадочные или метаморфические породы (песчаники и сланцы). Наряду с этим применяли и специально приготовленные добавки в виде измельченного шамота. Изредка керамическая масса готовилась смешиванием двух глин.

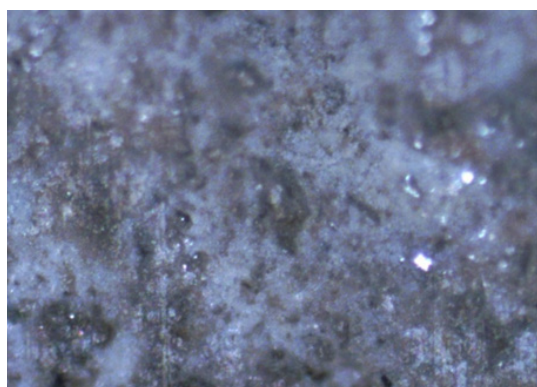


Рисунок 1 – Микроструктура керамического черепка бассейна р. Тосор II тыс. до н.э. (№ 1)

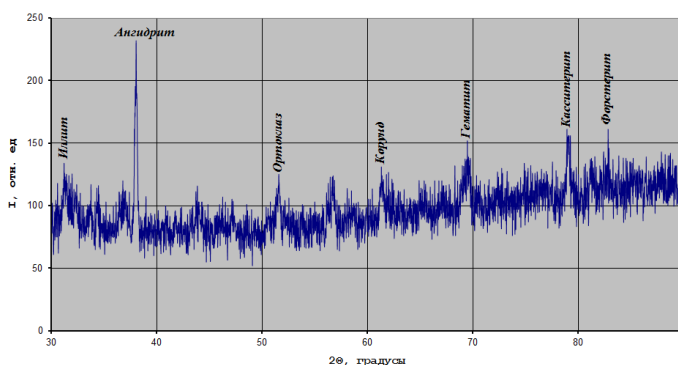


Рисунок 2 – Рентгенограмма керамического черепка бассейна р. Тосор II тыс. до н.э. (№ 1)

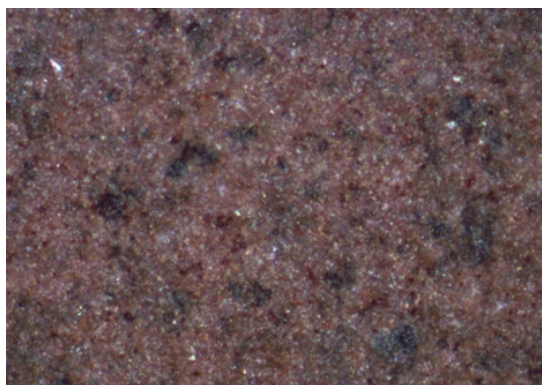


Рисунок 3 – Микроструктура керамического черепка с. Уч-Курбу, III–II в. до н.э. (№ 2)

При рассмотрении рентгенограммы образца № 2 (рисунок 4) выявлено, что он состоит из аморфно-кристаллической фазы. Наиболее высокотемпературные фрагменты керамики дают на рентгенограмме интенсивные линии силлиманита (1,948А), лейцита (1,245А) и магнезита (1,189А). Следовательно, верхний предел температуры обжига образца № 2 достигал 900–1000°, что подтверждается данными рентгенофлуоресцентного анализа. В керамике такого типа содержание  $Al_2O_3$  (26–27 %),  $MgO$  (1–2 %) и  $Fe_2O_3$  (10–11 %) повышенное, содержание же  $K_2O$  (до 3–4 %) и  $CaO$  (до 1 %) низкое, а  $Na_2O$  – отсутствует (таблица 1). Повышенное содержание  $Al_2O_3$  в глине указывает на ее огнеупорность, так как с увеличением  $Al_2O_3$  увеличивается огнеупорность глины. Коричневая окраска черепка указывает на окислительную среду при обжиге.

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа образец № 3 относится к легкоплавким глинам, так как выявлено высокое содержание  $SiO_2$  (70–

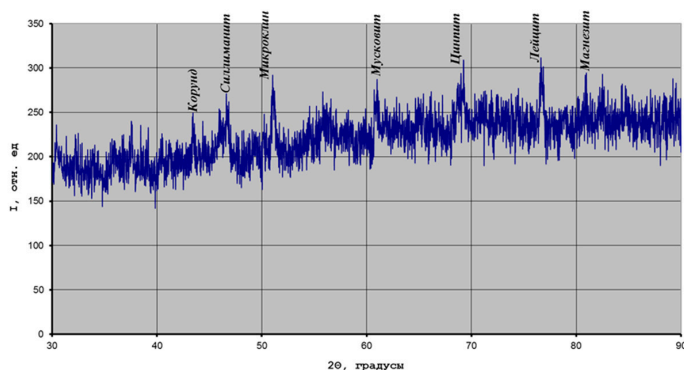


Рисунок 4 – Рентгенограмма керамического черепка с. Уч-Курбу, III–II в. до н.э. (№ 2)

80 %) и низкое содержание  $Al_2O_3+TiO_2$  (до 21 %),  $Fe_2O_3$  (3–4 %),  $CaO$  (1–2 %),  $Na_2O+K_2O$  (3–4 %).

Образец № 3 состоит из кристаллической фазы (рисунок 6), в которой присутствуют гидромусковит по дифракционному пику – 2,89А; альбит – 2,555А; ларнит – 2,027А; мелилит – 1,828А; корунд – 1,545А, сидерит – 1,396А; лейцит – 1,378А и  $\alpha$ -кристобалит – 1,203А. Не следует исключать возможность присутствия пирофиллита, рефлексы линий которого совпадают с рефлексами линий мелилита. На основании фиксации таких минеральных фаз, как альбит- $\alpha$ -кристобалит-лейцит, можно предположить температуру обжига 700–900°.

Судя по фрагментам низкотемпературного обжига образца № 3 (рисунок 5), использована глина без введения отошающих добавок. Петрографические шлифы данной керамики показывают присутствие на фоне тонкодисперсной основы многочисленных мелкозернистых зерен плагиоклаза, кварца размером от сотых долей мм до 0,1 мм.

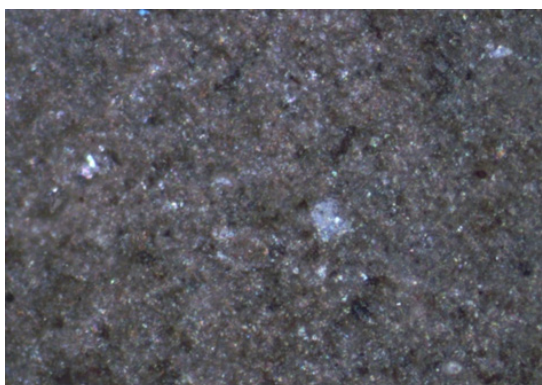


Рисунок 5 – Микроструктура керамического черепка бассейна р. Тосор II–III в.н.э. (№ 3)

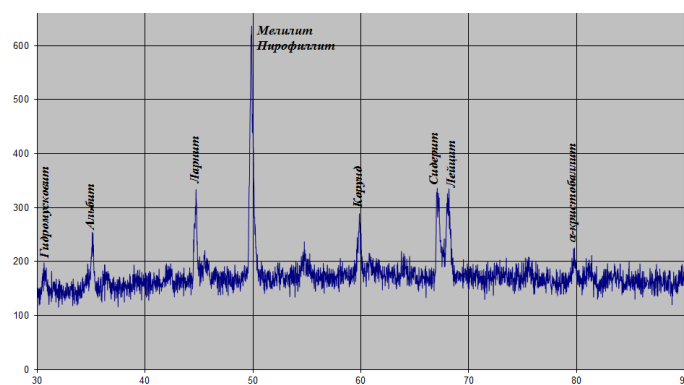


Рисунок 6 – Рентгенограмма керамического черепка бассейна р. Тосор II–III в.н.э. (№ 3)

Таблица 2 – Температура обжига  
Джети-Огузской керамики

№ обр.	Место-нахождение	Век	t обжига, °С
1	Бассейн р. Тосор	II тыс. до н.э.	850–950
2	с. Уч-Курбу	II–III в. до н.э.	900–1000
3	Бассейн р. Тосор	II–III в.н.э.	700–900

Таким образом, комплексное изучение фрагментов древней Джети-Огузской керамики позволило получить представление о технологии изготовления керамических масс и условиях обжига готовых изделий:

1. С помощью петрографического исследования фрагментов керамики можно получить не только информацию о количественном соотношении глинистых минералов и отошителей, но и возможность классифицировать керамику по признакам отошения в составе и микроструктуре черепка, так как отошитель изменяется при обжиге сравнительно мало и может быть легко идентифицирован под микроскопом.
2. С помощью рентгенофазового анализа установлена температура обжига древней Джети-Огузской керамики (таблица 2).
3. Необходимо широко использовать в археологической практике методы минерально-фазового анализа, что позволит более четко выделять привозные изделия на фоне изделий местного изготовления, и более достоверно

воссоздавать условия керамического производства наших предков.

#### Литература

1. Орузбаева Г.Т. Развитие керамического, металлургического, стекольного производства на территории Кыргызстана до XII в. / Г.Т. Орузбаева, М.Т. Касымова // Известия КГТУ. 2013. № 29. С. 209–213.
2. Круг О.Ю. Петрографический анализ керамики / О.Ю. Круг // В кн.: Бадер О.Н. Отчеты камской археологической экспедиции. Институт археологии АН СССР. М., 1961. Вып. 2. С. 262–263.
3. Орузбаева Г.Т. Химические характеристики древней и средневековой керамики Кыргызстана / Г.Т. Орузбаева. // Матер. межд. науч.-практ. конф. “Рахматуллинские-Ормонбековские чтения”. Бишкек, 2015.
4. Грим Р.Е. Минералогия глин / Р.Е. Грим. М., 1956.
5. Абаков В.А. Влияние газовой среды на минералообразование и разложение легкоплавких солей при обжиге лессовидных суглинков / В.А. Абаков, Э.А. Дорофеева, Б.И. Виноградов // В кн.: Влияние газовой среды на химические реакции в производстве силикатных материалов: тез. докл. всесоюзн. совещания. Вильнюс: Изд. ВНИИтеплоизоляция, 1974.
6. Виноградов Б.Ч. Особенности состава и свойства аглопорита из лессов и лессовидных суглинков Средней Азии / Б.Ч. Виноградов, В.А. Аваков // Изв. АН Туркм. ССР. Сер. физ.-техн., хим. и геолог. наук. Ашхабад, 1968. № 5.