

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-93-102

Сутакова Э.М., Гаврильев Д.З., Местников А.Е.Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова***E-mail: em.sutakova@s-vfu.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ДРЕВНЕЙ КЕРАМИКИ И ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Аннотация. В работе рассматриваются результаты химико-минералогического анализа разновременной керамики и месторождений глинистого сырья Центральной Якутии. Были исследованы 7 керамических фрагментов, а также выполнен химико-минералогический анализ трёх месторождений глинистого сырья Республики Саха (Якутия). Глинистое сырьё Якутии имеет различный химико-минералогический состав, в зависимости от месторождения сырья. Изученное глинистое сырьё можно использовать для воссоздания древней технологии керамики. Также есть перспектива для использования в керамической промышленности. Для более детального изучения исследовали кангаласское глинистое сырьё, данное сырьё характеризуется высоким содержанием каолинита, и его можно в дальнейшем применять для создания высокотемпературной керамики. В результате проведенных исследований образцов керамических фрагментов удалось выяснить микроструктуру, химический и минералогический состав и температурный режим обжига керамических фрагментов. По химическому и минералогическому составу образцы керамики имеют общность. Проведенные исследования позволили получить подробную информацию изготовления керамических фрагментов разных эпох. Эти результаты могут быть использованы для более глубокого понимания древней технологии изготовления керамики и позволят шире раскрыть общие и частные вопросы исторического развития гончарного ремесла разных районов Якутии.

Ключевые слова: керамика, месторождения глинистого сырья, глинистое сырьё, рентгенофазовый анализ, термический анализ, химико-минералогический состав.

Введение. Изучение археологических керамических фрагментов позволяет получить сведения о многих аспектах развития цивилизации, в том числе о семейно-брачных отношениях, этнокультурных контактах, идеологических представлениях и уровне технического развития древних сообществ [1–4]. Привлечение современных физико-химических методов анализа увеличивает наши возможности в изучении археологических образцов древней керамики. Например, использование электронной микроскопии позволяет нам исследовать структуру и морфологию материала, а также выявить следы обработки и использование. Химический анализ позволяет определить состав материала и выявить наличие добавок или примесей, которые могут указывать на специфические технологии производства. Это важно для понимания исторических контекстов и составления более точных реконструкций прошлого [5–6]. Однако комплексных работ по междисциплинарному изучению гончарства, охватывающих широкий круг вопросов, решаемых с помощью привлечения современных методов исследования материалов, всё ещё недостаточно.

Исследователи-этнографы конца XIX–XX в. (Маак, Серошевский, Подгорбунский) описывали места и методы добычи глинистого сырья якутами, гончары выбирали источник глиняного

материала исходя из доступности и качества материала [7]. Глинистое сырьё распространено по всей территории Якутии, но оно различается минеральным и химическим составом в зависимости от географического расположения запасов и глубины раскопок, что отражается на качестве керамических изделий [8–10]. В статье приведены результаты химико-минералогического анализа трех глинистых месторождений – Санниковское, Кангаласское и Намцырское, которые скорее всего служили материальным источником для гончаров центральной Якутии [11–12].

Методология. Исследования микроскопии фрагментов древней керамики проводили в Арктическом инновационном центре Северо-Восточного федерального университета, на растровом электронном микроскопе. Электронный микроскоп JSM-7800F LV «JEOL» (Япония) и JSM-6480LV «JEOL» с дополнительной спектральной приставкой INCAx-sight производства фирмы OXFORDINSTRUMENTS (Великобритания). Методика подготовки образца для растровой электронной микроскопии позволяет выявить внутреннее надмолекулярное строение образца посредством изготовления низкотемпературного хрупкого скола. Снимки представлены в разрешении 1000х.

Для исследования минералогического состава использовался метод рентгенофазового

анализа на дифрактометре D2 PHASER, съемка образцов проводилась на $\text{CuK}\alpha$ излучении, при напряжении трубки 30 кВ и силе тока 10 мА, интервал съемки $4,5\text{--}65^\circ$ ($2\theta^\circ$), для диагностики минералов использовали базу данных PDF-2 (Институт геологии алмаза и благородных металлов. Сибирского отделения Российской академии наук), препараты готовились из порошковых проб. Также проводились съемки образцов насыщенных этиленгликолем или глицерином для идентификации разбухающих минералов (сметитов и смешаннослойных минералов), прокаленных при температуре 350°C в течении часа для разделения каолинита в присутствии хлорита и идентификации смешаннослойных разбухающих минералов.

Водопоглощение (табл. 2) было выполнено на базе Белгородского государственного университета им. Шухова. Применялись методы, описанные в ГОСТ 473.3-81. Результаты исследования показали, что водопоглощение (от 6,4 до 9,1 %) древней керамики может значительно варьироваться в зависимости от ее состава, структуры и обработки. Образцы с более плотной структурой и низким содержанием пористых материалов имеют более низкое водопоглощение (образец №), что указывает на их более высокую устойчивость к воздействию влаги. В то же время, образцы с более высокой пористостью и более открытой структурой показали более высокое водопоглощение (Образцы №), что может указывать на их более низкую устойчивость к воздействию влаги.

Термический анализ был выполнен на дифференциальном сканирующем калориметрическом оборудовании Netzsch STA 449 F1 Jupiter в

Центре высоких технологий (г. Белгород, БГТУ им. Шухова).

Термический анализ проводился на образце с размером частиц менее 0,074 мм. Образец сушился примерно один час при температуре 60°C с помощью устройства Netzsch STA 449 F1 Jupiter.

Условие проведения опыта: образец массой 200 мг засыпается в платиновый тигель и прогревается при температуре 30°C до 1200°C в атмосфере Аргона, скорость прогрева – $25^\circ\text{C}/10$ мин с эталонным образцом Al_2O_3 .

Полученные данные обрабатываются с помощью программы LINSEIS/TA-WIN.

Основная часть. Структура фрагментов керамических образцов были исследованы растровым электронным микроскопом. В результате исследования была обнаружена неоднородная структура керамических фрагментов. Наблюдаются пустоты, что объясняет содержание в глиняном тесте частиц растительности, возможно шерсти. По внешнему виду обломков можно судить об обжиге в присутствии кислорода, образцы имеют красноватый оттенок, а глины содержащие меньшее количество оксидов железа – приобретают при обжиге более светлые оттенки. Большинство образцов (4 из 7) имеют светлый оттенок, что указывает на меньшее количество оксидов железа в тесте формовочной массы.

На снимках электронного сканирующего микроскопа заметны границы зерен отощителя и присутствие песка. Визуальный анализ микроструктуры формовочной массы указывает на низкотемпературный обжиг глины. Поскольку обжиг глины при высоких температурах ($1000\text{--}1200^\circ\text{C}$) приводит к спеканию глины и минеральной примеси.

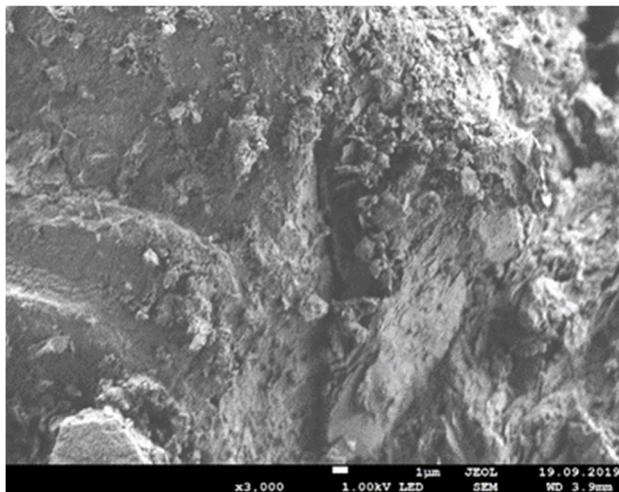


Рис. 1. Образец 1. Кетеме, Хангаласский район. 2005 г.

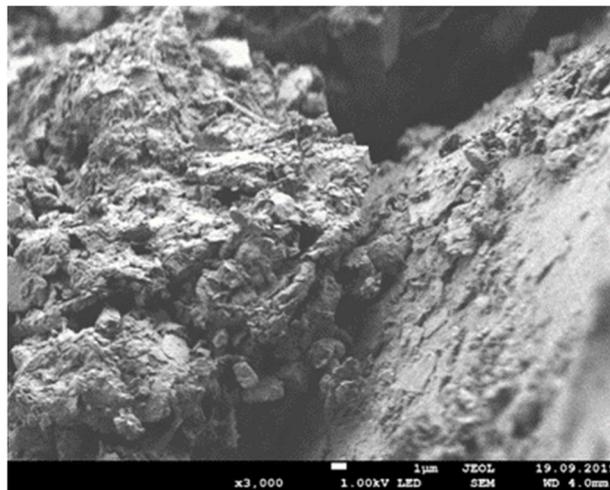


Рис. 2. Образец 2. Уганья, Усть-Алданский район. 2003 г.

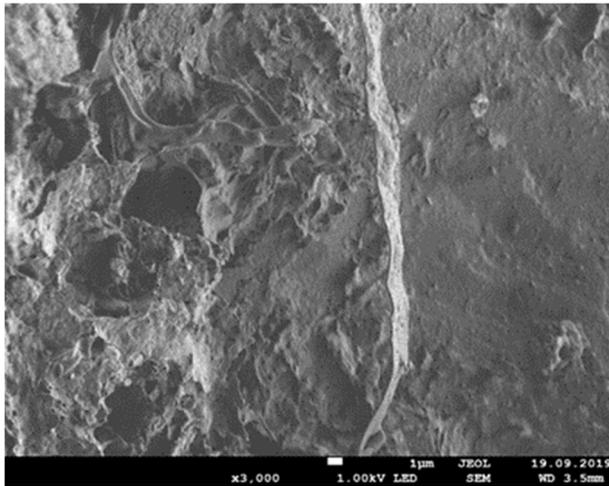


Рис. 3. Образец 3. Айыы-Тайбыт, ГО «г. Якутск». 2016 г.

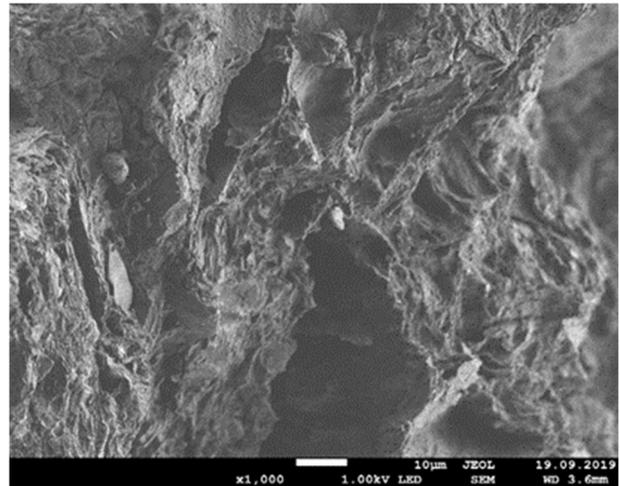


Рис. 4. Образец 4. Уганья, Усть-Алданский район. 1978 г.

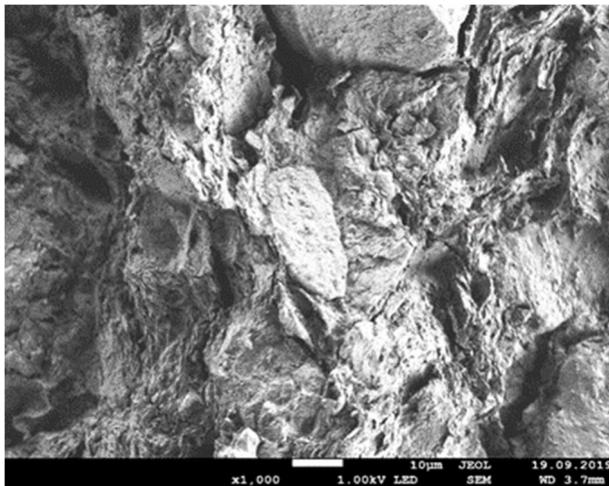


Рис. 5. Образец 5. Кытанах маллата, Чурапчинский район. 1980 г.

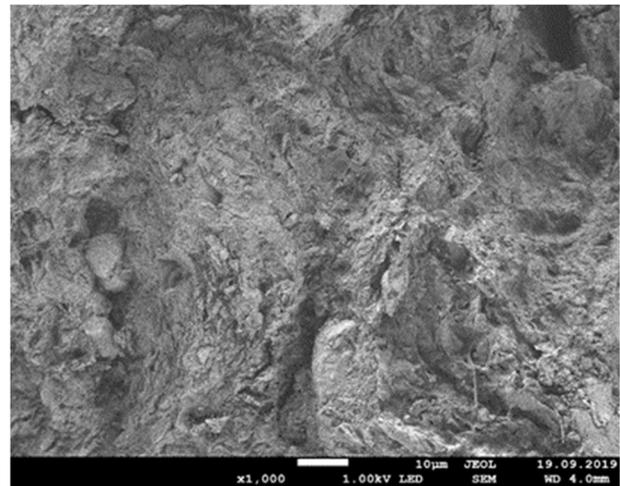


Рис. 6. Образец 6. Сырдык, Амгинский район. 1979 г.

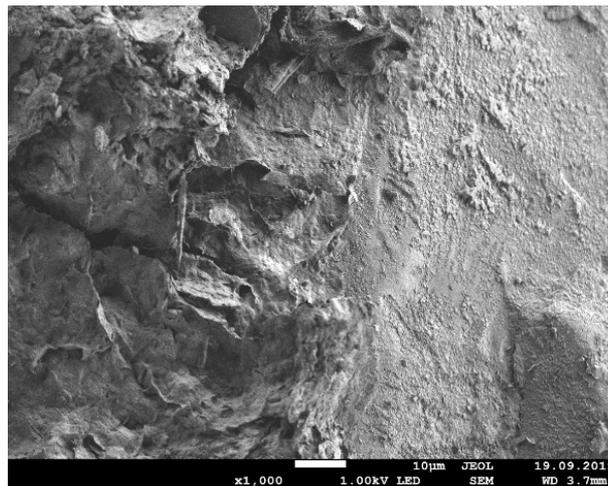


Рис. 7. Образец 7. Лонху, Мегино-Кангаласский район. 1979 г.

Результаты рентгенофазового анализа образцов. Все исследованные образцы фрагментов керамики имеют однородность по минералогической структуре, что обусловлено единством географии раскопок.

По результатам анализа установлено, что в составе керамики в основном преобладает содержание калиевых полевых шпатов (Ортоклаз, микроклин), а также встречаются в следовых количествах альбит, мусковит, кальцит (табл. 1).

Наличие минералов кальцит и мусковит – сгорающих при температуре 700–950 °С, является признаком, указывающим на низкую температуру обжига. Образование керамического черепка – прочной, неразрушающейся в воде массы, начинается на этапе подогрева, условием

низкотемпературного режима считается 350–400 °С, к высокотемпературным относится 1000–1200 °С.

Результаты анализа приведены в рисунках 8–14, там же указаны списки минералов, обнаруженных в исследуемом образце.

Таблица 1

Результаты рентгенофазового анализа

№	Наименование фрагмента керамики	Идентифицированные минералы
1	Кетеме, Хангаласский район. 2005 г.	Кварц, мусковит, кальцит, альбит, ортоклаз
2	Уганья, Усть-Алданский район. 2003 г	Кварц, ортоклаз, кальцит, мусковит
3	Айыы Тайбыт, г. Якутск. 2016 г	Кварц, альбит, микроклин, мусковит
4	Уганья, Усть-Алданский район. 1978 г.	Кварц, альбит, ортоклаз
5	Кытанах маллата, Чурапчинский район. 1980 г.	Кварц, ортоклаз, мусковит
6	Сырдык, Амгинский район. 1979 г.	Кварц, анатаз, микроклин
7	Лонху, Мегино-Кангаласский район. 1979 г.	Кварц, микроклин, альбит

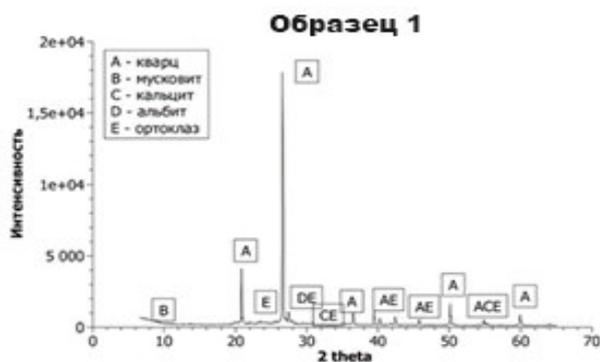


Рис. 8. Образец 1. Кетеме, Хангаласский район. 2005 г.

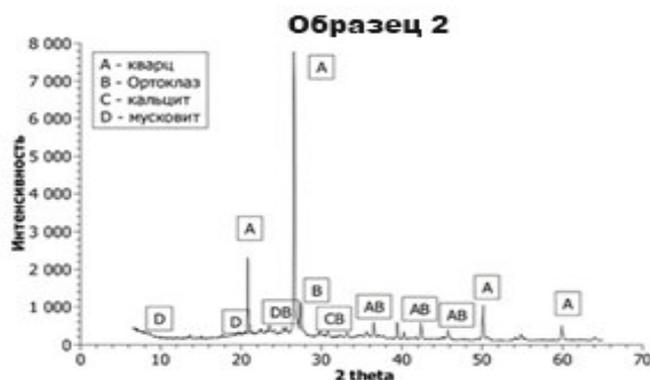


Рис. 9. Образец 2. Уганья, Усть-Алданский район. 2003 г.

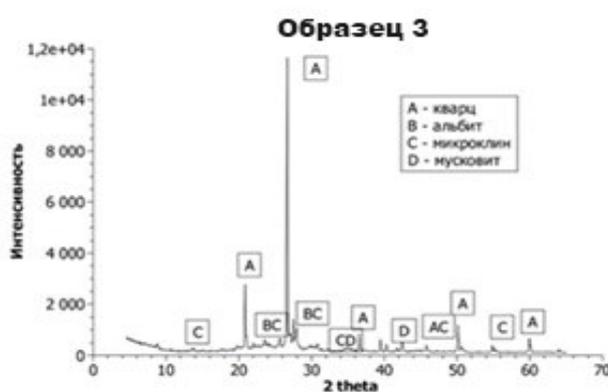


Рис. 10. Образец 3. Айыы Тайбыт, г. Якутск. 2016 г

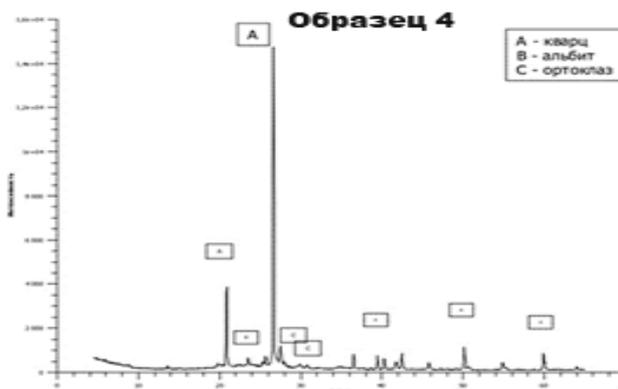


Рис. 11. Образец 4. Уганья, Усть-Алданский район. 1978 г.

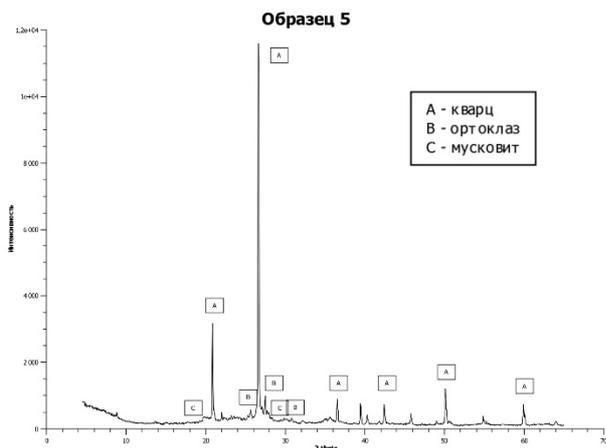


Рис. 12. Образец 5. Кытанах маллата, Чурапчинский район. 1980 г.

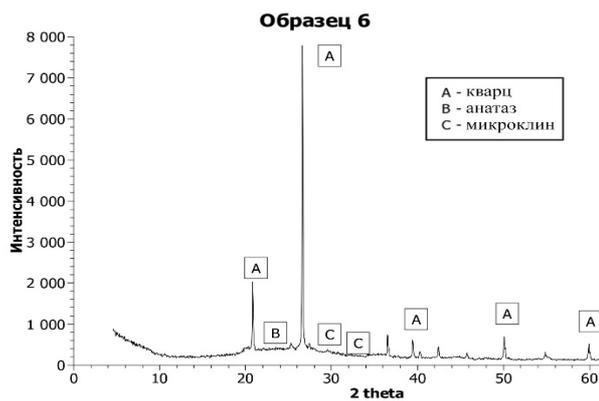


Рис. 13. Образец 6. Сырдык, Амгинский район. 1979 г.

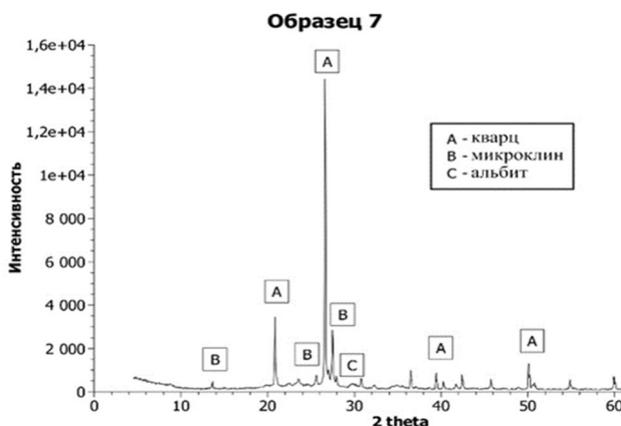


Рис. 14. Образец 7. Лонху, Мегино-Кангаласский район. 1979 г.

Трудно судить о длительности обжига сосудов, они варьируются от 1 до 12 ч в разных культурных традициях. Согласно экспериментальному опыту моделирования неолитической керамики Якутии, проведенной археологом Воробьевым С.А. в 1990-х годах, длительность обжига неолитических сосудов не превышала 2–3 ч. Горшки, обжигаемые в два раза продолжитель-

нее, не отличались по качественным характеристикам от первых. Так как метод обжига древней якутской керамики не сильно отличался от неолитической, по крайней мере в летний период, когда горшки обжигали во дворе на костре, а в зимний период на шестке у камелька, можно предположить, что по продолжительности обжиг занимал столько же времени [13].

Исследование водопоглощения:

Таблица 2

Степень водопоглощения археологической керамики, %

№	Название фрагмента керамики	m ₁	m ₂	V, %
1	Кетеме, Хангаласский район. 2005 г.	7,8	8,1	3,71
2	Уганья, Усть-Алданский район. 2003 г.	3,3	3,6	8,31
3	Айыы Тайбыт, ГО «г. Якутск». 2016 г.	17,7	19,1	7,32
4	Уганья, Усть-Алданский район. 1978 г.	35,9	38,2	6,02
5	Кытанах маллата, Чурапчинский район. 1980 г.	16,8	18,2	7,69
6	Сырдык, Амгинский район. 1979 г.	34,6	37,2	6,98
7	Лонху, Мегино-Кангаласский район. 1979 г.	10,2	11,1	8,11

m₁ – масса сухого образца

m₂ – масса образца насыщенного водой

V – степень водопоглощения

Исследование глинистого сырья

По результатам рентгенофазового анализа образцов были подобраны следующие месторождения глин: Санниковское, Кангаласское и

Намцырское. Эти месторождения больше подходят по минералогическому составу и по географии найденных керамических фрагментов. Исследования провели на минералогию и химический состав глин (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав сырьевых компонентов, мас. %

Компонент	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Кангаласская глина	0,33	0,49	34,38	60,28	0,07	0,78	0,69	0,95	1,49
Намцырская глина	0,95	0,55	22,38	63,57	0,04	2,49	0,54	1,71	0,81
Санниковская глина	2,11	2,14	14,23	61,44	0,13	2,63	4,28	14,39	0,73

Минералогический состав глин исследовали в Институте горного дела севера СО РАН на дифрактометре D8 Discover с системой GADDS (General Area Detector Diffraction System). Рентгенометрическая диагностика минеральных кристаллических фаз проведена с использованием базы дифракционных данных ICDD PDF-2 программы идентификации, поставленные с прибором и поисковой системы Crystallographica Search-Match (Oxford Cryosystems).

Санниковское месторождение – глинистое сырье по своему составу относится к легкоплавким глинам, что делает его подходящим для обжига. По своему минеральному составу содержит следующие минералы: кварц, микроклин, альбит, мусковит, вермикулит и кронстедит. Выявленные минералы относятся к слоистым гидросиликатам. Исследование месторождения показали его принадлежность к группе умеренно пластичного, грубодисперсного, полукислого глинистого сырья с высоким содержанием пылеватых частиц, красящих оксидов и растворимых солей. В связи с этим месторождение глин можно использовать при производстве строительной керамики.

Кангаласское месторождение – характеризуется содержанием (%) Al₂O₃ в количестве 34,38 – относится к основным глинам, по содержанию красящих оксидов Fe₂O₃ – 0,954, TiO₂ – 1,49 % – относится к глинам с низким содержанием. В зависимости от содержания водорастворимых солей глинистое сырье можно отнести к группе с низким содержанием.

Основные минералы представлены каолинитом – Al₄ [Si₄O₁₀] (OH)₈·nH₂O (69,8 %), кварцем SiO₂ (19,7 %), а также по данным рентгенофазового анализа отмечается присутствие галлуазита – Al₂Si₂O₅(OH)₄ (10,5 %) глинистый минерал подкласса слоистых силикатов, по составу близок каолиниту.

Намцырское месторождение – расположено в окрестностях города Якутска. Имеет сложный полиминеральный состав, обнаружены минералы подгруппы кварца (кварц 56,5 %), калий-натриевых полевых шпатов (альбит – 11,5 %, ортоклаз –

12,6 %), каолинит (4 %), а также обнаружены гидрослюдыстые минералы – 4,9 %. Исследуемый образец по тугоплавкости относится к легкоплавким глинам полиминерального состава, по содержанию Al₂O₃ относится к полукислым глинам, в зависимости от содержания красящих оксидов относится к группе среднего содержания Fe₂O₃ и TiO₂, и характеризуется средним содержанием водорастворимых солей, что является возможным для использования глин данного месторождения для изготовления керамических изделий.

Химический анализ содержания оксидов проводили методом силикатного анализа на базе Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН.

Результаты термического анализа

Для исследования фазовых превращений при обжиге глинистого сырья была выбрана глина Кангаласского месторождения, согласно его химического состава в ней больше всего содержится оксид алюминия, что свидетельствует о большом количестве глинистых минералов.

На термической диаграмме проявляются эффекты, связанные с разложением минералов глинистых пород (рис. 15).

При температуре 520,5 °С наблюдается эндотермический эффект каолинита, который связан с его кристаллизацией и сопровождается дегидратацией каолинита. Экзотермический эффект наблюдается при температуре 997,9 °С что характеризует процесс формирования кристаллических фаз.

Исследователи отмечают, что процесс кристаллизации каолинита происходит в диапазоне температур от 500–560 °. При этом, каолинит с низкой степенью кристалличности чаще встречается на месторождениях осадочного каолина с меньше выраженным эндотермическим эффектом. Кроме того, экзотермический эффект, наблюдаемый при температуре 997,9 °С, свидетельствует о процессе формирования кристаллических фаз [14–15].

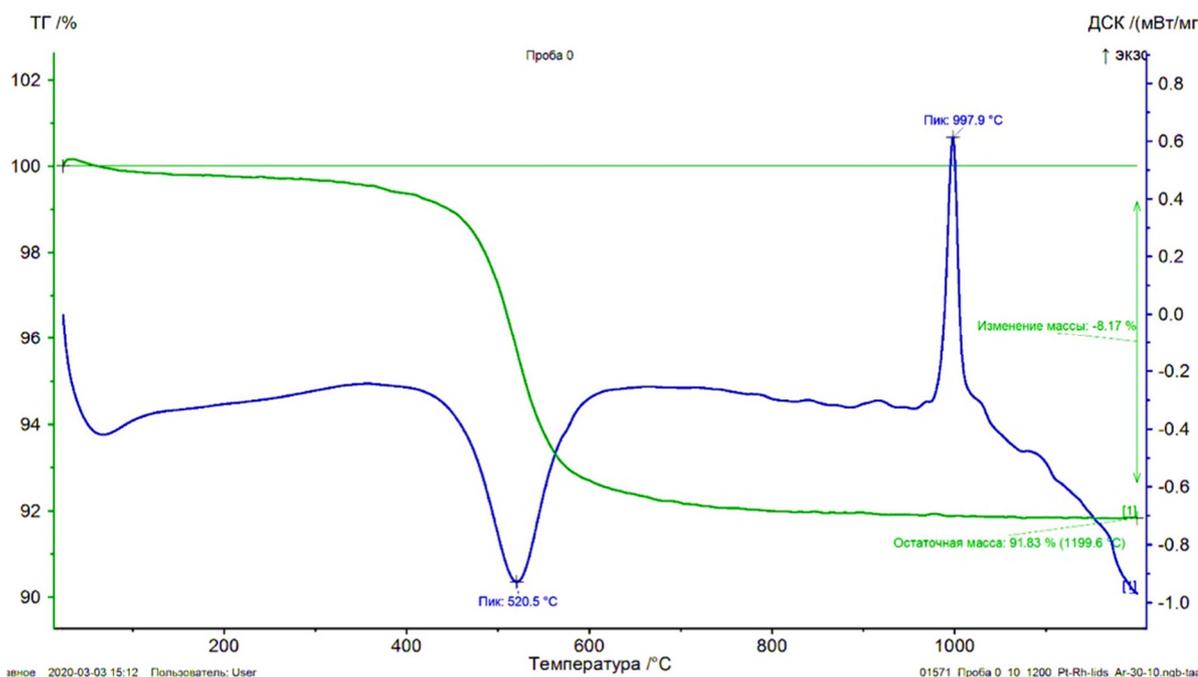


Рис. 15. Термическая диаграмма

Выводы. По результатам рентгеноспектрального и рентгенофазового анализов удалось выяснить структуру, состав и температурный режим фрагментов керамики, в частности было определено, что все исследуемые образцы, имеют высокое содержание оксида кремния, что еще раз иллюстрирует известный в археологии и этнографии прием гончарных мастеров, добавлявших песок в качестве отошающей добавки. Большинство изделий несмотря на хронологическую разницу, имеют схожий вид обжига, выраженный в преимущественно светлой цветовой гамме образцов. Кроме того, осмотр микроструктуры с помощью метода растровой электронной микроскопии и рентгенофазового анализа показал, что обжиг происходил при температурах от 850 до 950 °С. Изучение уровня водопоглощения исследованных образцов показало различную степень водонепроницаемости, что вполне объяснимо разными температурными режимами.

Исследование месторождений глинистого сырья выявили химический и минералогический состав местных глин и определили их сходство с изученными образцами, что согласуется с этнографическими данными, указывающими на то что, гончары, как правило, использовали местное сырье, добываемое в непосредственной близости от места обитания.

Применение современных методов анализа на более обширном археологическом материале позволяет дополнить полученные выводы, и в дальнейшем поможет шире раскрыть общие и частные вопросы исторического развития гончарного ремесла разных районов Якутии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муртазина С.А. Технология развития керамических изделий и материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 16. С. 169–172.
2. Гоголев А.И. Археологические памятники Якутии позднего средневековья (XIV–XVIII вв.). Иркутск: Издательство Иркутского университета. 1990. 192 с.
3. История Якутии: в 3 т. Под общ. ред. А.Н. Алексева. ответственные редакторы тома: Р. И. Бравина, Е. Н. Романова. Новосибирск: Наука. 2020. Т. 1. 536 с.
4. Прыткова Н.Ф. Глиняная посуда якутов. Сборник Музея антропологии и этнографии. М.: 1955. Т. XVI. С. 147–164.
5. Ionescu C., Hoesck V., Ghergari L. Electron microprobe analysis of ancient ceramics: A case study from Romania // Applied clay science. 2011. № 53. С. 466–475. DOI: 10.1016/j.clay.2010.09.009
6. Поплевко Г.Н. Комплексные экспериментально-трассологические и этнографические исследования керамики: Технология и обжиг // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3. С. 165–171.
7. Глушков И.Г. Керамика как исторический источник. Новосибирск: Издательство Института археологии и этнографии СО РАН, 1996. 336 с.
8. Местников А.Е. Глинистое сырье Якутии для производства керамзита // Современные наукоёмкие технологии. 2022. № 3. С. 30–34. DOI: 10.17513/snt.39069.

9. Ушницкая Н.Н., Местников А.Е. Физико-химический анализ глинистого сырья Якутии // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 125–129. DOI: 10.17513/use.37919.

10. Егорова А.Д., Колесов М.В., Михайлов Д.А. Строительная керамика из сырья Якутии, модифицированная стеклобоем // Фундаментальные основы строительного материаловедения: сб. докладов Междунар. онлайн-конгресса (г. Белгород, 06-11 октября 2017 г.). Белгород: изд-во БГТУ. 2017. С. 975–980.

11. Sutakova E, Mestnikov A. Glaze coatings based on kangalassy field clay raw material and waste glass // Zhanstvena mizel. Ljubljana, Slovenia: Global Science Center LP, 2018. № 25. С. 54–56.

12. Трепалина Ю.Н., Кириллова Н.К. Керамический кирпич из сырья Якутии с добавлением тонкомолотого стеклобоя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 138–141. DOI: 10.34031/article_5cb1e65d798f87.83499465.

13. Мочанов Ю.А., Федосеева С.А. Очерки дописьменной истории Якутии. Эпоха камня: в 2 томах. Якутск: Издательство "Дани Алмас". 2013. Т. 2. 489 с.

14. Нгуен Нгок Нам, Лай Тхи Биск Тхуи, Фам Динь Ан. Оценка эффективности методов рентгеноструктурного анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии при анализе глинистых минералов // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2019. Т. 42. № 2. С. 221–229. DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-2-221-229.

15. Fernandez-Ruiz R., Garcia-Heras Study of archaeological ceramics by total reflection X-ray fluorescence spectrometry: Semi-quantitative approach // Spectrochimica Acta. Part B: Atomic Spectroscopy. 2007. Vol. 62. Pp. 1123–1129. DOI: 10.1016/j.sab.2007.06.015.

Информация об авторах

Сутакова Эльза Михайловна, старший преподаватель института естественных наук. E-mail: em.sutakova@s-vfu.ru. Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 377000, Якутск, ул. Белинского, д. 52.

Гаврильев Дмитрий Захарович, заведующий отделом этнографии Музея археологии и этнографии. E-mail: dima.gavriliev@mail.ru. Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 377000, Якутск, ул. Белинского, д. 52.

Местников Алексей Егорович, заведующий кафедрой "производство строительных материалов, изделий и конструкций". E-mail: mestnikovaе@mail.ru. Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 377000, Якутск, ул. Белинского, д. 52.

Поступила 07.08.2023 г.

© Сутакова Э.М., Гаврильев Д.З., Местников А.Е., 2023

***Sutakova E.M., Gavriliev D.Z., Mestnikov A.E.**
North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov
*E-mail: em.sutakova@s-vfu.ru

STUDY OF ARCHAEOLOGICAL SPECIMENS OF ANCIENT CERAMICS AND CLAY RAW MATERIALS FROM THE DEPOSITS OF CENTRAL YAKUTIA

Abstract. The paper considers the results of chemical and mineralogical analysis of ceramics of different times and deposits of clay raw materials of Central Yakutia. 7 ceramic fragments were examined, and a chemical and mineralogical analysis of three deposits of clay raw materials of the Republic of Sakha (Yakutia) was performed. The clay raw materials of Yakutia have a different chemical and mineralogical composition, depending on the deposit of raw materials. The studied clay raw materials can be used to recreate the ancient technology of ceramics. There is also a prospect for use in the ceramic industry. For a more detailed study, Kangalas clay raw materials were studied, this raw material is characterized by a high content of kaolinite, and it can be further used to create high-temperature ceramics. As a result of the conducted studies of samples of ceramic fragments, it was possible to find out the microstructure, chemical and mineralogical composition and temperature regime of firing of ceramic fragments. The ceramic samples have a common chemical and mineralogical composition. The conducted research allowed us to obtain detailed information on the manufacture of ceramic fragments from different eras. These results can be used for a deeper understanding of the

ancient technology of ceramics production and will allow a broader disclosure of general and particular issues of the historical development of pottery in different regions of Yakutia.

Keywords: ceramics, deposits of clay raw materials, clay raw materials, X-ray phase analysis, thermal analysis, chemical and mineralogical composition

REFERENCES

1. Murtazina S.A. Technology of development of ceramic products and materials [Tekhnologiya razvitiya keramicheskikh izdelij i materialov]. Vestnik Kazanskogo Tekhnologicheskogo Universiteta. 2015. Vol. 18. No. 16. Pp. 169–172. (rus)
2. Gogolev A.I. Archaeological monuments of Yakutia in the late Middle Ages (XIV–XVIII centuries) [Arheologicheskie pamyatniki Yakutii pozdnego srednevekov'ya (XIV–XVIII vv.)]. Irkutsk: Izdatel'stvo Irkutskogo universiteta. 1990. 192 p. (rus)
3. History of Yakutia: in 3 volumes [Istoriya Yakutii: v 3 t.]. Under the general editorship of A.N. Alekseev. executive editors of the volume: R. I. Bravina, E. N. Romanova. Novosibirsk: Science. 2020. Vol. 1. 536 p. (rus)
4. Prytkova N.F. Pottery of the Yakuts [Glinyanaya posuda yakutov]. Sbornik Muzeya antropologii i etnografii. M.: 1955. T. XVI. Pp. 147–164. (rus)
5. Ionescu C., Hoeck V., Ghergari L. Electron microprobe analysis of ancient ceramics: A case study from Romania. Applied clay science. 2011. No. 53. Pp. 466–475. DOI: 10.1016/j.clay.2010.09.009.
6. Poplevko G.N. Complex experimental-trasological and ethnographic studies of ceramics: Technology and firing [Kompleksnye eksperimental'no-trasologicheskie i etnograficheskie issledovaniya keramiki: Tekhnologiya i obzhig]. Samarskij nauchnyj Vestnik. 2018. Vol. 7. No. 3. Pp. 165–171. (rus)
7. Glushkov I.G. Ceramics as a historical source [Keramika kak istoricheskij istochnik]. Novosibirsk: Izdatel'stvo Instituta arheologii i etnografii SO RAN, 1996. 336 p. (rus)
8. Mestnikov A.E. Clay raw materials of Yakutia for the production of expanded clay [Glinistoe syr'e Yakutii dlya proizvodstva keramzita]. Modern High Technologies. 2022. No. 3. Pp. 30–34. DOI: 10.17513/snt.39069.
9. Ushnitskaya N.N., Mestnikov A.E. Physical and chemical analysis of clay raw materials of Yakutia [Fiziko-himicheskij analiz glinistogo syr'ya Yakutii]. Advances in Current Natural Sciences. 2022. No. 10. Pp. 125–129. DOI: 10.17513/use.37919.
10. Egorova A.D., Kolesov M.V., Mikhailov D.A. Building ceramics from the raw materials of Yakutia, modified with cullet [Stroitel'naya keramika iz syr'ya Yakutii, modifitsirovannaya stekloboem]. Fundamental foundations of building materials science: Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya: sb. dokladov Mezhdun. onlajn-kongressa (Belgorod, October 06–11, 2017). Belgorod: Izdatel'stvo BGTU. 2017, Pp. 975–980. (rus)
11. Sutakova E., Mestnikov A. Glaze coatings based on kangalassy field clay raw material and waste glass. Zhanstvena mizel. Ljubljana, Slovenia: Global Science Center LP, 2018. No. 25. Pp. 54–56.
12. Trepalina Y.N., Kirillova N.K. Ceramic brick from the raw materials of Yakutia with the addition of finely ground cullet [Keramicheskij kirpich iz syr'ya Yakutii s dobavleniem tonkomolotogo stekloboya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 4. Pp. 138–141. DOI: 10.34031/article_5cb1e65d798f87.83499465.
13. Mochanov Y.A., Fedoseeva S.A. Essays on the preliterate history of Yakutia. The Age of Stone: in 2 volumes [Ocherki dopis'mennoj istorii YAKutii. Epoha kamnya: v 2 tomah]. Yakutsk: Izdatel'stvo "Dani Almas". 2013. Vol. 2. 489 p. (rus)
14. Nguyen Ngoc Nam, Lai Thi Bisk Thuy, Pham Dinh An. Evaluation of the effectiveness of methods of X-ray diffraction analysis and differential scanning calorimetry in the analysis of clay minerals. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences RANS. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits. 2019. Vol. 42. No. 2. Pp. 221–229. DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-2-221-229.
15. Fernandez-Ruiz R., Garcia-Heras. Study of archaeological ceramics by total reflection X-ray fluorescence spectrometry: Semi-quantitative approach. Spectrochimica Acta. Part B: Atomic Spectroscopy. 2007. Vol. 62. Pp. 1123–1129. DOI: 10.1016/j.sab.2007.06.015.

Information about the authors

Sutakova, Elza M. Senior Lecturer at the Institute of Natural Sciences. E-mail: em.sutakova@s-vfu.ru. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov». Russia, 377000, Yakutsk, st. Belinsky, d. 52.

Gavriliev, Dmitry Z. Head of the Ethnography Department of the Museum of Archeology and Ethnography. E-mail: dima.gavriliev@mail.ru. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov». Russia, 377000, Yakutsk, st. Belinsky, d. 52.

Mestnikov, Aleksey E. Head of the department "production of building materials, products and structures". E-mail: mestnikovae@mail.ru. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov». Russia, 377000, Yakutsk, st. Belinsky, d. 52.

Received 07.08.2023

Для цитирования:

Сутакова Э.М., Гаврильев Д.З., Местников А.Е. Исследование археологических образцов древней керамики и глинистого сырья месторождений центральной Якутии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 9. С. 93–102. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-93-102

For citation:

Sutakova E.M., Gavriliev D.Z., Mestnikov A.E. Study of archaeological specimens of ancient ceramics and clay raw materials from the deposits of central Yakutia. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 9. Pp. 93–102. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-93-102