



ЦАВАРХ ИКВИА НИУ ВШЭ



03.04.2024,  
Санкт-Петербург

## Сравнительный рентгено-структурный анализ археологической керамики и природных глин как возможность определения мест гончарного производства: методика и апробация

выполнено при поддержке грантовой программы Научного фонда НИУ ВШЭ. Проект 24-00-048, «Междисциплинарное исследование торгово-экономических связей античных городов Северного Причерноморья и Колхиды в III в до н.э. - II в.н.э.), «КЕРАМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»

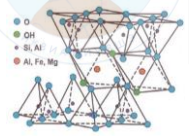
*Митрохина Ксения Львовна  
магистратура ЦАВАРХ ВШЭ, 1 курс*

# Археологическая керамика как объект междисциплинарного

## изучения

Некоторые интересные публикации последних лет,  
касающиеся темы состава древней керамики, опубликованы в ...

- *Periodico di Mineralogia (2012)*
- *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 84 (2006)*
- *Minerals (2020), (2022).*
- *Applied Clay Science (2009)*
- *Journal of the European Ceramic Society*
- *Periodico di Mineralogia (2012)*
- *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 84 (2006)*
- *Minerals (2020), (2022).*
- *Journal of the European Ceramic Society 30 (2010)*
- *Scientific Reports (2019)*
- *Lawrence Berkeley National Laboratory*
- *Journal of Archaeological Science: Reports 16 (2017,2021).*
- *EMU Notes in Mineralogy.*
- *Geosciences (2021)*
- *SmArchaeometry (2012)*
- *ArcheoSciences, revue d'archéométrie (2020),*
- *Mediterranean Archaeology and Archaeometry (2017),*
- *Journal of Archaeological Science (2011)*
- *ithsonian Center for Materials Research and Education*
- *ArcheoSciences, revue d'archéométrie (2020)*
- *MINERALOGY, CRYSTALLOGRAPHY, GEOCHEMISTRY, ORE DEPOSITS, PETROLOGY, VOLCANOLOGY....*



**Литология** Изучение глинистых пород, принцип классификации и типизации осадочных обломочных горных пород и отложений.

**Седиментология** Условия формирования и накопления континентальных обломочных отложений. Закономерности связи состава обломочных отложений с геологическим строением «питающей провинции».

**Генетическая, экспериментальная и техническая минералогия.** Характер минеральных и фазовых превращений в глинах, протекающих при термическом воздействии. Минеральные преобразования в зонах гипергенеза.

**Геохимия** Геохимия осадочного процесса (трансляция типоморфных элементов в осадки из пород «питающей провинции»). *Journal of Archaeological Science: Reports 16 (2017,2021); EMU Notes in Mineralogy, Geosciences (2021)*

**Аналитическая геология** Современные аналитические методы изучения глинистых пород. Комплекс методов изучения минерального состава и геохимии осадочных пород. Методы технической аналитики материалов.

**Геодинамика** Определение причинно-следственных связей между тектоническими режимами и комплексом современных седиментационных процессов

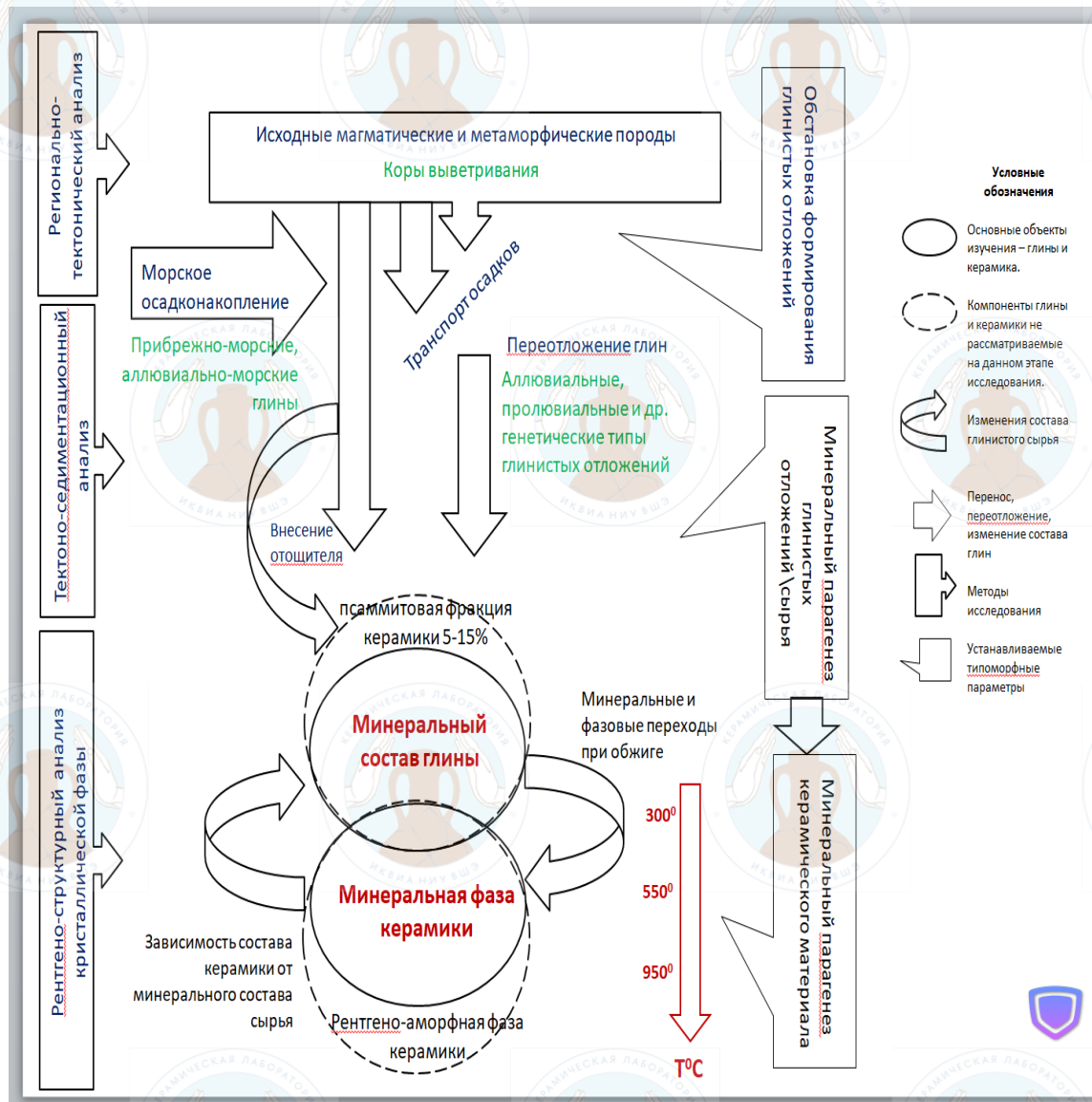
**Региональная геология и тектоника.** Накопленные базы информации по локальным обстановкам формирования и накопления глинистых отложений.



**ТЕКТОНО-СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ ПОДХОД**  
(междисциплинарное взаимодействие)



# Структура регионально-геологического подхода к определению областей вероятного производства античной керамики





# РЕНТГЕНО-СТРУКТУРНЫЙ (РЕНТГЕНО-ДИФРАКЦИОННЫЙ) АНАЛИЗ



Разработчики:  
Петер Й.В.Дебай (1884-1966)  
Пауль Шеррер (1890-1969)



## Рентгеновский дифрактометр

Один из дифракционных методов определения структуры вещества. Показывает: атомную структуру вещества, пространственную группу элементарной ячейки, строение кристалла. **Порошковый метод.**

Самый распространенный и массовый, универсальный (может рассматривать любые молекулы), недорогой метод.

### Элементный анализ

Качественное и количественное определение элементного состава; не дает представления о минералах и др. веществах

### Порошковый РСА

Кроме атомной структуры, позволяет определять молекулы веществ, кристаллы минералов и др. вещества, валовый минеральный состав образца.



# Три группы образцов для сопоставления РФА/РСА

## 1 Природные глины



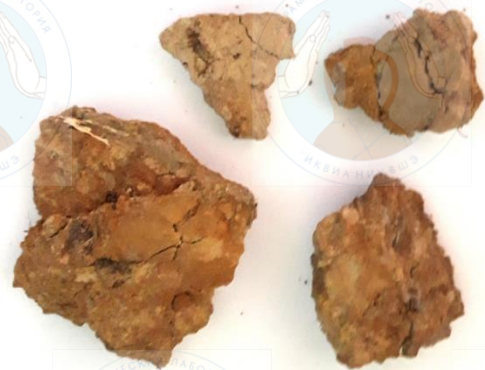
## 2 Обожженные образцы прир.глин



## 3 Арх.фрагменты



# Рентгено-структурный анализ: природные глины



природные глины  
непромешанные (Балан)



Природные глины  
промешанные (Балан).



Измельчение  
«крошением», отбор  
мелкой фракции  
(псаммитовая фракция  
не участвует)  $<0,1\text{mm}$



**ДИФРАКЦИЯ**

★ Глинистые минералы – осадочные породы, образующиеся при **деградации** горных пород, с **последующим переносом** (и калибрацией) глинистых частиц на разной стадии деградации водным путем на большие расстояния и **осаждением** их «по дороге» и в местах конечных скоплений (глинищах).

★ На каждом этапе образования и переноса во взвеси присутствуют микрокристаллы исходных и сопутствующих минералов исходного парагенеза на разных стадиях разложения до глинистых минералов. Состав таких минералов репрезентативен для питающих провинций, что устанавливается методами региональной геологии.



# Природные глины: забор образцов

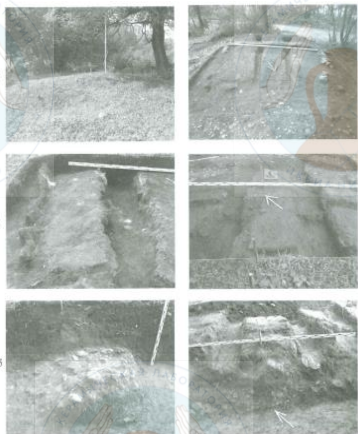


Рис. 3. Производственный комплекс Атары 2.  
1 — обвалы из рамытины; 2 — горы 1, тестовые колоды в камере обжига; 3 — горы 2, остатки стены камеры обжига; 4 — горы 2-4, уровни основания камеры обжига разных гор; 5 — горы 5, разделительная стена в предгорной яме; 6 — горы 5, устье топочной камеры



Рис. 5. Карта распространения зафиксированных гончарных горнов в окрестностях с. Атары

на памятниках «Атары I» и «Атары II» открыто 44 средневековых гончарных горна.

Цетлин Ю.Б. Средневековые гончарные горны в Абхазии // Вестник РГНФ, №3.,2010.С.С. 193-205

## Абхазия.

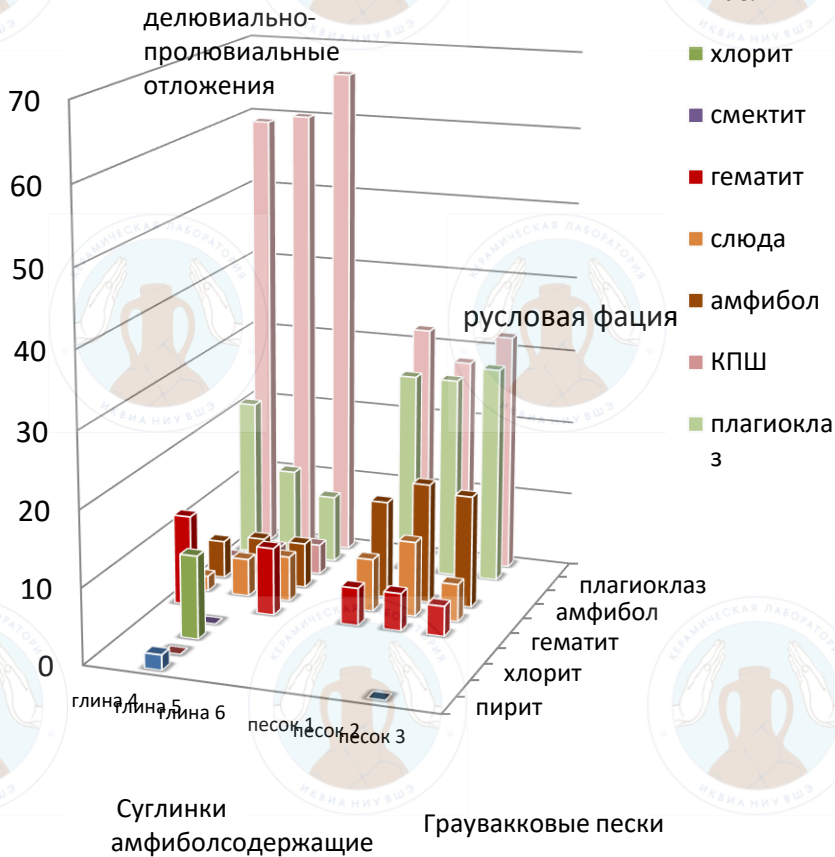
- 1,2. Глины близ поселений Балан и Цкургил
3. Глины в долине горной реки у водопада Гуп
4. Глины из естественного карьера у Кындыгской крепости
5. Глиняные выходы у с.Атары
6. Глиняные выходы у г.Очамчыра





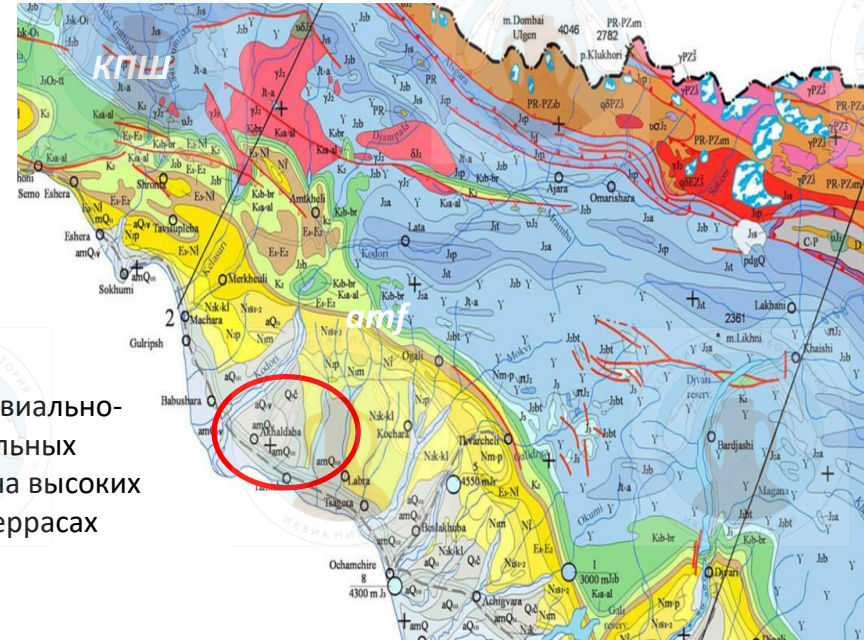
# Глинистые отложения бассейна р.Кодор – источник керамического сырья коричневоглиняной керамики

### Минеральный состав кристаллической фазы разных генетических типов рыхлых четвертичных отложений



Лаборатория: геологический факультет МГУ  
Аналитика: к.г.-мин. наук А.А.Клочко

### Фрагмент геологической карты Юго-Западного Кавказа

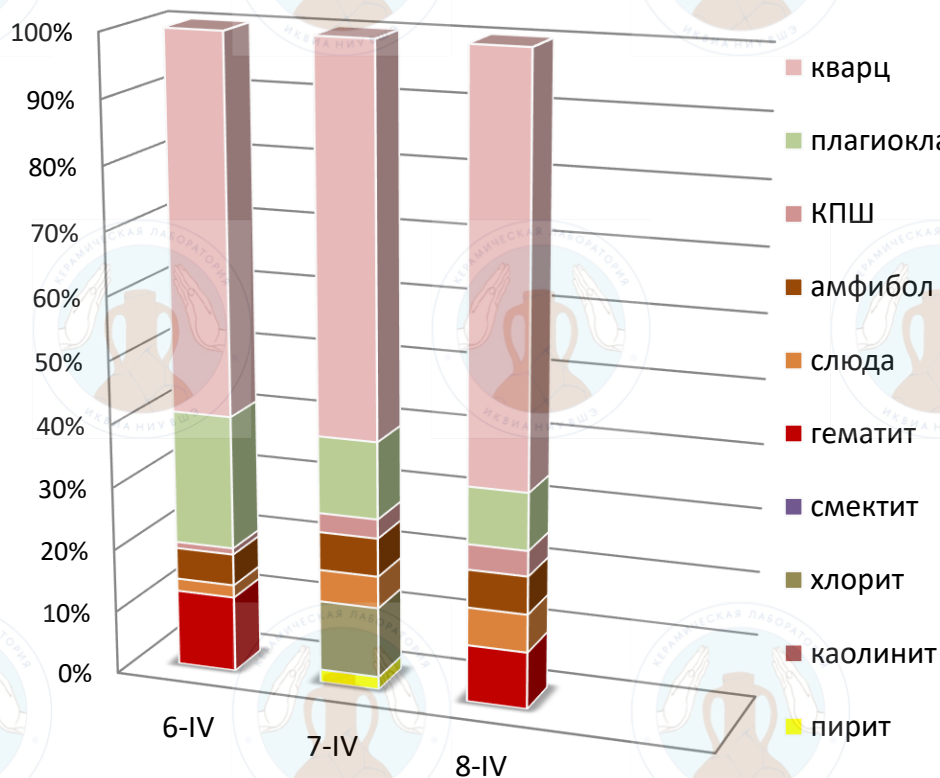


Для корректного построения системы сопоставления образцов природного сырья необходимо выделить геологические маркеры (типоморфные минералы) того или иного парагенеза → необходима репрезентативная подборка местных природных глин (вариантов минерального состава).



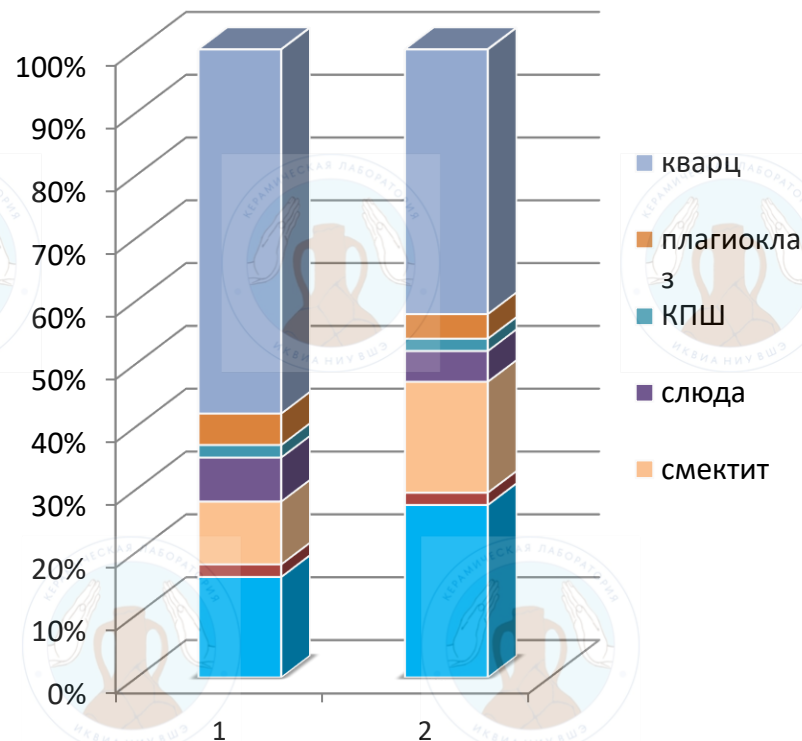
# Сопоставление составов глинистых отложений бассейна р.Кодор и окрестностей г.Ростова на Дону

## Минеральный состав кристаллической фазы «абхазских глин»



**Сильно ожелезненные, пиритизированные смектитовые и хлоритовые глины с амфиболом (делювиально-пролювиальные)**

## Минеральный состав кристаллической фазы «ростовских глин»

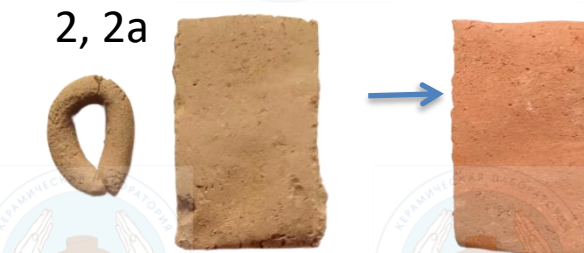


**Сильно карбонатные хлорит-смектитовые глины (прибрежно-морские, аллювиально-морские)**

# Рентгено-структурный анализ: обожженные образцы природных

глин

1, 1a н/о Обжиг 950 С



Глины красножгущиеся, ожелезненные, низкотемпературные пригодны для керамического производства (ИП>17 ( ГОСТ 5180-2015, «Лаборатория керамики», г. Москва))

## Температура лабораторного обжига (950°С)

установлена исходя из:

- параметров глин
- археометрических данных по температурным возможностям античных горнов ( N.Cuomo di Caprio, S.Palecchi, G.Traverso; Гайдукевич)

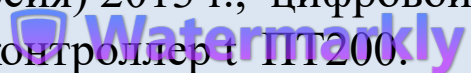
По достижении данной температуры физико-химические трансформации пластической, минеральной и седиментарной частей данного типа глин завершаются, при ее повышении начинается деформация изделий.



Рис. 1. Обжиг глины в электрической печи модели СКВЗ.5.4.3.5711 производства компании «Термопечь» (Россия) 2013 г., цифровой контроллер ТПТ200.

- 1. Munsell 7.5YR 5/3 1a. Munsell 10R 6/8
- 2. Munsell 7.5YR 6/3 2a. Munsell 10R 5/6
- 3. Munsell 7.5YR 5/4 3a. Munsell 10R 5/6-5/8
- 4. Munsell 7.5YR 6/4 4a Munsell 2.5YR 6/8

Лабораторный обжиг проведен в электрической печи модели СКВЗ.5.4.3.5711 производства компании «Термопечь» (Россия) 2013 г., цифровой контроллер ТПТ200.



# БАЛАН 2022 - ЭКСПЕРИМЕНТ



глиноподготовка



Изделие 1



керамический мат LYTX-1260T, 25 мм,  
нихромовая проволока,  
керам. пуговицы

Термопара ТХА-320  
хромель-алюмель

Электроплитка Мечта-111 Т

мультиметр Owen



# ОБРАЗЦЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ МЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА: (Кодорская экспедиция НИУ ВШЭ, городище Балан, Р1-Р4)

Б) верхняя часть керамической формы с тканевым отпечатком (2/2 IV-1/2 IIIв. до н.э. (из слоя)



А). Фрагменты обмазки н/о (2/2 IV-1/2 IIIв. до н.э. (из слоя)



\*Тот же фрагмент Обжиг-950



Munsell 2.5YR 6/6

В). Верхняя часть керамической формы с тканевым отпечатком (2/2 IV-1/2 IIIв. до н.э. (из слоя)

Munsell 10R 5/6-5/8



Watermarkly

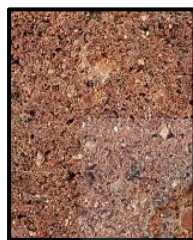


Соловьев Л.Н.,  
Следы древнего соляного  
промысла близ г. Сухуми  
и г. Очамчире. *Труды АГМ,*  
1947. с. 23-55.



## ОБРАЗЦЫ МАТЕРИАЛА:

а) амфора «колхидского круга», б) экспериментальное изделие



амфора «колхидского круга»  
производства «эллинистического  
времени.

Кх .IA (?) (по С.Ю.Внукову)

2/2 IV в. до н.э. (из слоя)

Цвет: Munsell 10R 6/8



экспериментальное изделие 1, 2022

глина: Балан;

отошитель: местный песок (Балан)

ручная формовка.

(описанный) полевой обжиг

Munsell 10YR 4/6

Партия 1. Данные рентгено-фазового анализа образцов античной керамики, глин и керамических изделий

Результаты рентгенофазового анализа												
№№ п.п.	№№ обр.	мусковит	хлорит	каолинит	кварц	КПШ	плагноклаз	роговая обманка	андалузит	брукит	гематит	сумма
1	1	30	1	2	20	1	46	0	0	0	0	100
2	2	0	0	0	84	3	13	0	0	0	0	100
3	3	2	2	1	74	1	14	6	0	0	0	100
4	4	23	0	0	11	5	4,5	57	0	0,5	0	100
5	5	8	10	5	66	следы	9	0	0	2	0	100
6	6	10	0	0	74	3	6	3	0	0	0	100
7	7	2	4	2	67	18	7	0	0	0	следы	100
8	8	56	0	0	41	2	0	0	0	1	0	100
9	13	56	0	0	33	0	10	0	0	1	0	100
10	14	0	0	0	85	0	10	0	0	1	0	100
11	15	4	0	0	72	0	6	14	0	1	0	100
12	16	следы	0	0	78	0	10	5	5	1	0	100
13	17	57	1	0	27	9	4	следы	0	1	0	100
14	18	1	0	0	56	следы	33	5	0	0	0	100
15	20	7	0	0	90	2	следы	0	0	0	следы	100
19	22	2	0	0	84	2	8	1	0	0	0	100
17	24	1	0	0	67	4	21	4	0	0	0	100
18	26	5	0	0	78	3	4	10	0	0	следы	100
10	10											

ANNA 1223-2. Валовые пробы. Результаты рентгенофазового анализа													
№№ обр.	привязка	слюда	сметит	хлорит	каолинит	кварц	КПШ	плагноклаз	роговая обманка	кальцит	пирит	гематит	сумма
1.1	Пифос раскоп 1 Балан as15 №19 стар	13	28	0	0	34	6	8	2	0	9	0	100
2.2	Ванночка Р-4 Балан as15 №21 стар	12	0	0	0	55	1	13	1	0	0	18	100
3.3	Изделие 1 Балан as15 №23 стар	26	0	13	0	36	0	18	3	следы	4	0	100
4.4	Фрагмент сырец Р-4 2023	3	0	31	0	43	1	14	6	0	2	0	100
5.5	Глина необожженная Р-3 Балан №9 стар	3	0	28	2	49	4	10	3	0	1	0	100
6.6	Глина обожженная 950 Р-3 Балан №10 стар	2	0	0	0	59	1	21	5	0	0	12	100
7.7	Глина необожженная у Р-3 Балан №11 стар	5	0,5	11	0,5	60	3	12	6	0	2	0	100
8.8	Глина обожженная 950 у Р-3 Балан №12 стар	6	0	0	0	66	4	9	6	0	0	9	100
9.9	Глина необожженная Ростов ул. Седова (1)	7	10	2	следы	58	2	5	0	16	0	0	100
10.10	Глина обожженная 950 Ростов ул. Седова (2)	3	18	2	следы	43	2	4	0	28	0	0	100

Итого: установлены **типоморфные материалы** для парагенеза, характерного для седиментационной провинции, к которой относится рассматриваемая территория происхождения природных глин. (амфиболы: **роговая обманка**). Установлено соотношение минералов аутигенного, аллогенного происхождения и керамического генеза в образцах необожженных/ обожженных на 950° глин и археологических образцах. **Типоморфные минералы аутигенного, алогенного и керамического генеза позволяют устанавливать происхождение исходного сырья для формовочной массы изделий как относящееся/не относящееся к данной седиментационной провинции.**

Фотографии глин и археологической реплики:  
Митрохина К.Л.

Фотографии и обработка изображений коричневоглиняных амфор из раскопок памятника «Цкургил» : Деваев А,  
Половинкина Ю.

Фотографии, 3D-модели керамики, обработка изображений предметов из раскопок памятника «Балан»: Свойский Ю.М.,  
Романенко Е. Лаборатория RSSDA <https://rssda.su/people/>

Макросъемка глин: Балабанова Е.

Схемы и таблицы: Ключко А.А.

Карты и фотографии исследователей: открытые источники.





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

