



НУГ «Керамическая
лаборатория» ЦАВАРХ НИУ
ВШЭ

Анна Ключко
канд. геол.-мин. наук

Изучение состава археологической керамики: методические основы, возможности ее типизации и локализации древних производств

Содержание доклада

1. Современный междисциплинарный подход к изучению минерального состава древней керамики – предпосылки формирования и основные элементы.
2. Геологический анализ в изучении древней керамики: типизация и состав глинистых отложений, связь их с составом керамики. Геологические критерии локализации керамических производств.
3. Исследование состава керамического материала – последовательность, содержание (workflow) подхода на примере коричневоглиняной, краснолаковой и неолитической керамики. Выбор оптимального подхода и комплексирование аналитических методов
4. Примеры относительно мало разработанных элементов в изучении состава древней керамики (типизация глин, гипергенные изменения керамики, и др.)
5. Жизненный цикл археологической керамики и изменение ее состава. ...



Древняя керамика как объект междисциплинарного геологического изучения



Anna Osler Shepard (1903-1971)

Геологический подход: специфическая горная порода, образованная при быстрой термической литификации (обжиге) глинистого осадка

Материаловедческий подход: керамика является многофазной, многокомпонентной, гетерогенной полидисперсной системой (Салахов, 2016)

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* 30 (2010)
- *Scientific Reports* (2019)
- *Lawrence Berkeley National Laboratory*
- *Journal of Archaeological Science: Reports* 16 (2017, 2021).
- *EMU Notes in Mineralogy*.
- *Geosciences* (2021)
- *Archaeometry* (2012)
- *ArcheoSciences, revue d'archéométrie* (2020),
- *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* (2017),
- *Journal of Archaeological Science* (2011)
- *Smithsonian Center for Materials Research and Education*
- *ArcheoSciences, revue d'archéométrie* (2020)
- *MINERALOGY, CRYSTALLOGRAPHY, GEOCHEMISTRY, ORE DEPOSITS, PETROLOGY, VOLCANOLOGY....*

Факторы, определяющие состав археологической керамики (По Neff 2003; Golitko et al., 2012)

1. Состав исходного минерального сырья, контролируемый региональной геологией.
2. Подготовка формовочных масс (отмучивание, добавление пластификаторов, отощителей, флюсов и др.).
3. Модификация состава в процессе использования керамики.
4. Изменения в результате среды захоронения;
5. Различные варианты сочетания перечисленных факторов.



Подходы к исследованию вещества древней керамики

Геохимический

Петрохимический

Минералогический

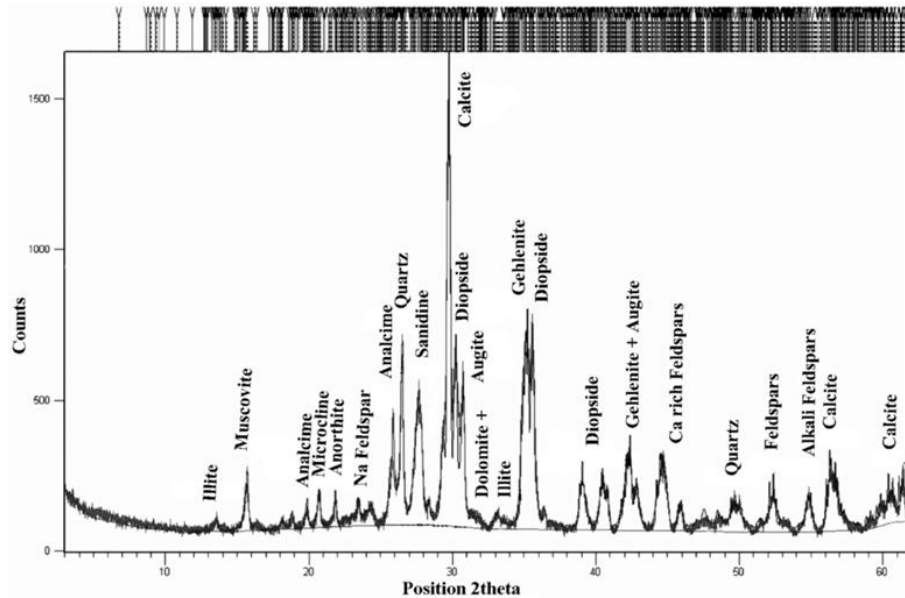
Энергодисперсионная спектрометрия (*Energy-dispersive X-ray spectroscopy, EDX, EDRS или EDS*)

Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) *inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)*

Оптический эмиссионный спектральный анализ (ОЭСА) *optical emission spectrometry (OES)*

Нейтронно-активационный анализ (НАА) *neutron activation analysis (NAA)*.

Рентгенофазовый анализ керамики



Некоторые минеральные преобразования при обжиге глин

400–600 °C. Исчезновение физически-связанной воды

720-870 °C Диссоциация кальцита ($\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$).

около 870 °C Разложение доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{MgO} + \text{CO}_2 \uparrow$

734–852 °C. Разложение каолинита $\text{Al}_2(\text{OH})_4(\text{Si}_2\text{O}_5) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

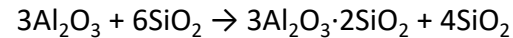
790 -840 °C Разложение биотита

780-1000 °C. Окисление примесей, обезуглеоживание

Образование геленита и пироксена, вторичного оксида железа.

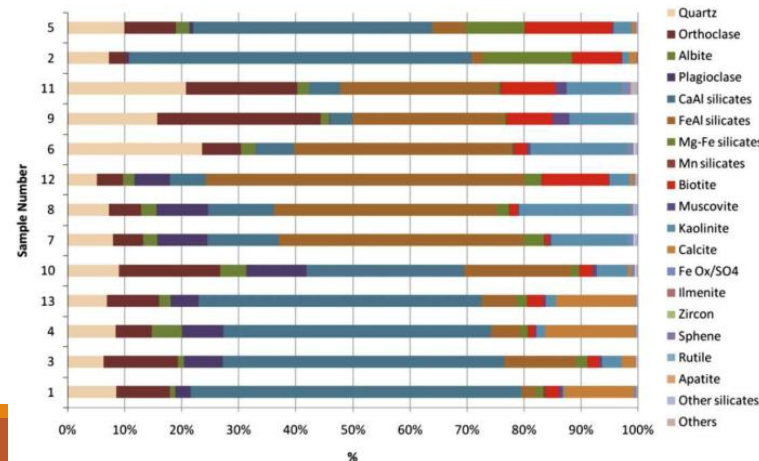
950 °C < T < 1100 °C Существование диопсида и щелочных полевых шпатов.

1000-1150 °C Кристаллизация шпинели из метаклаинита

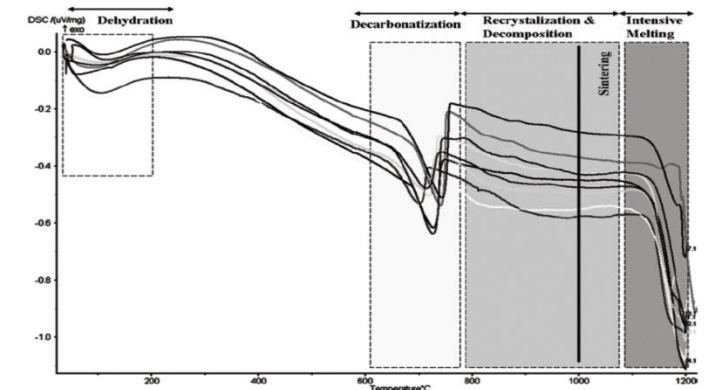


1191 °C интенсивный процесс плавки из-за частичное плавление между поверхностями составляющие глинистые зерна

QEMSCAN Modal Mineralogy (%)



Термический анализ керамики





Регионально – геологический подход к сопоставлению состава керамики и районов ее производства

Как современные представления о закономерностях **геологического строения региона** могут помочь решению сугубо археологической задачи – определения вероятных районов **древнего производства** керамики.

Как можно реконструировать уникальные для региона генетические соотношения: **«регион - глина – керамика»** как основу для нового подхода к локализации мест производства?

Как в керамическом материале фиксируется **история формирования исходной породы**, обстановки и место ее формирования? Что нам дают современные методы регионально-геологического, седиментационного и литологического анализа?

Почему керамика и исходные глины могут существенно различаться по составу и как это осложняет прямое сопоставление состава керамики и местных горных пород?

И много-много других вопросов....

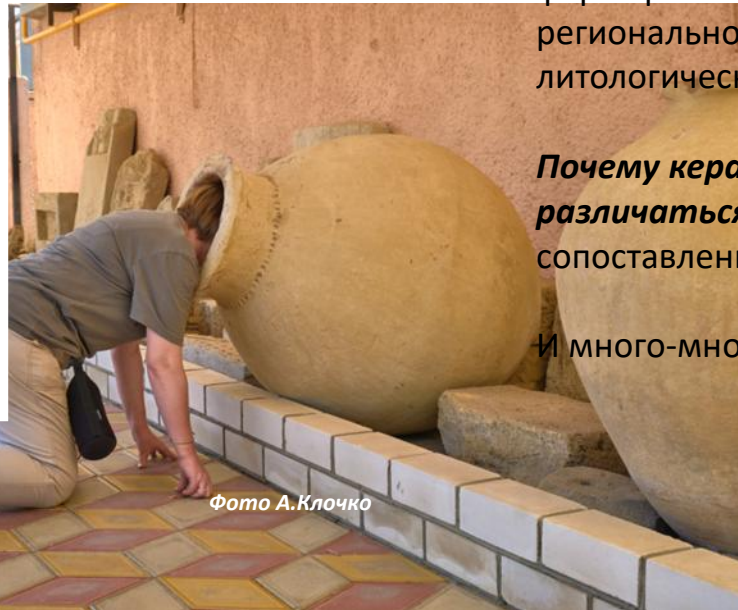


Фото А.Клочко



Разнообразие генетических типов четвертичных отложений



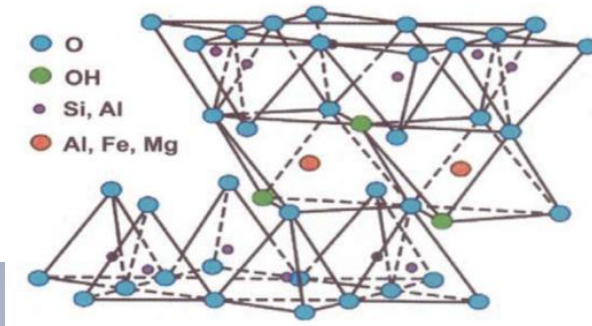
Фото А.Клочко

Аллювиальные суглинки.
Тянь-Шань

Моренные суглинки Московского
оледенения (средний плейстоцен)



Грязевой вулкан (п-в Апшерон,
Азербайджан)



Пример
кристаллической
решётки слоистого
силиката каолинита



Формирование глинистых пород

Морское и континентальное осадконакопление – два основных источника глинистых пород



аутигенные минералы – новообразованные в бассейне сидементации или по пути к нему

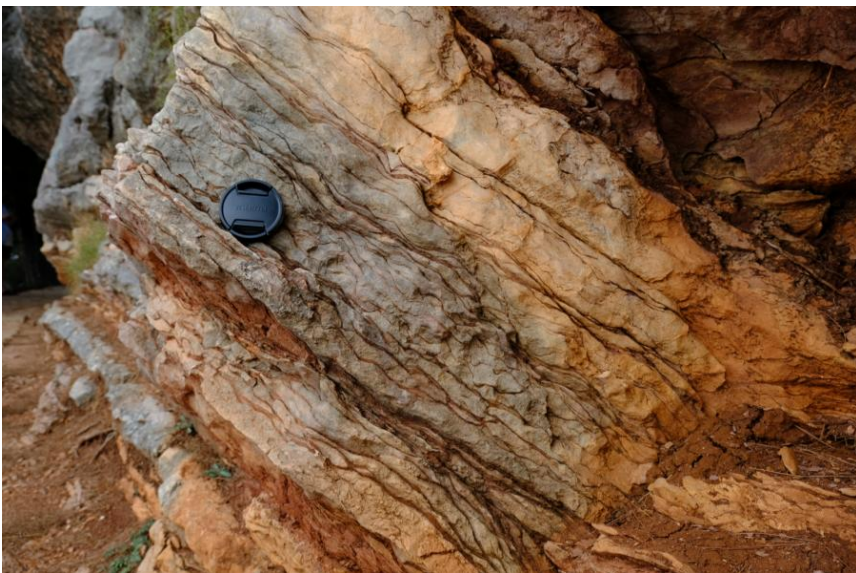




Обстановки формирования глинистых отложений.

Различные генетические типы континентальных четвертичных отложений

*Элювиальные
суглинки (кора
выветривания
Динарские горы,
Черногория*



*Эоловые лессы
Арабские Эмираты*



*Аллювиальные
суглинки
Тянь-Шань*



*Молассовые
пролювиальные
суглинки
Тянь-Шань*



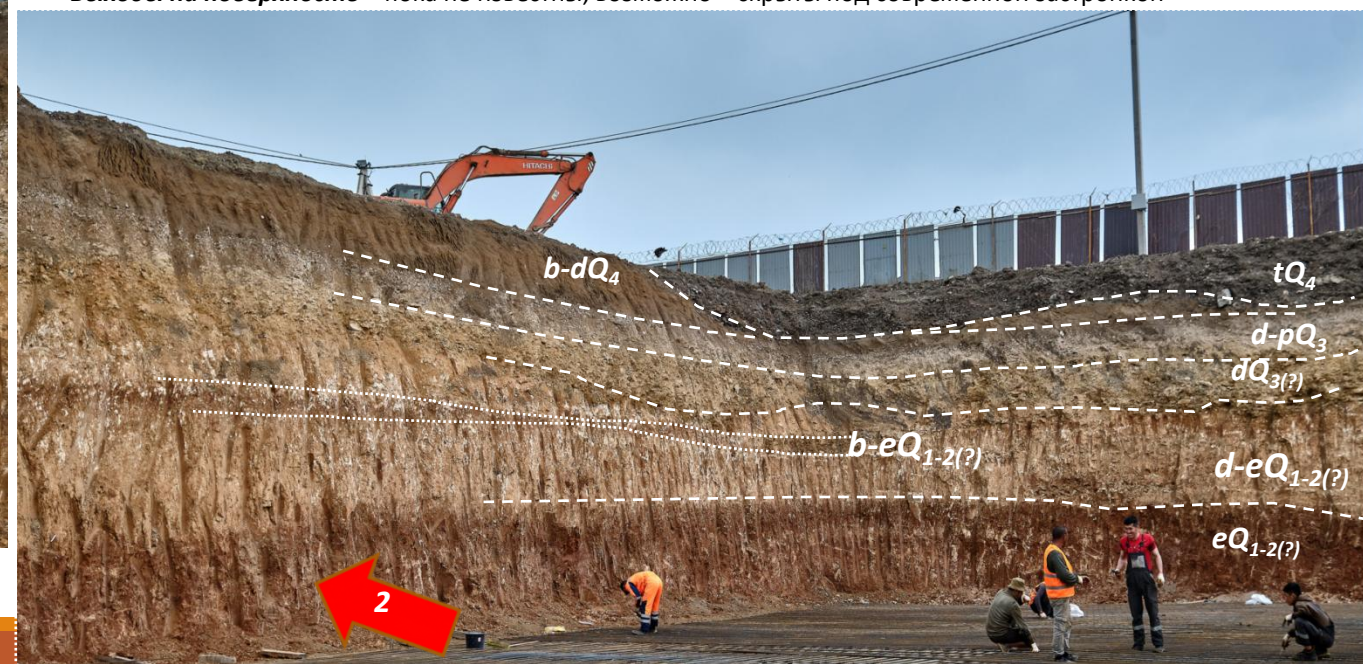
Фото А.Клочко

Фрагмент древней погребенной коры выветривания

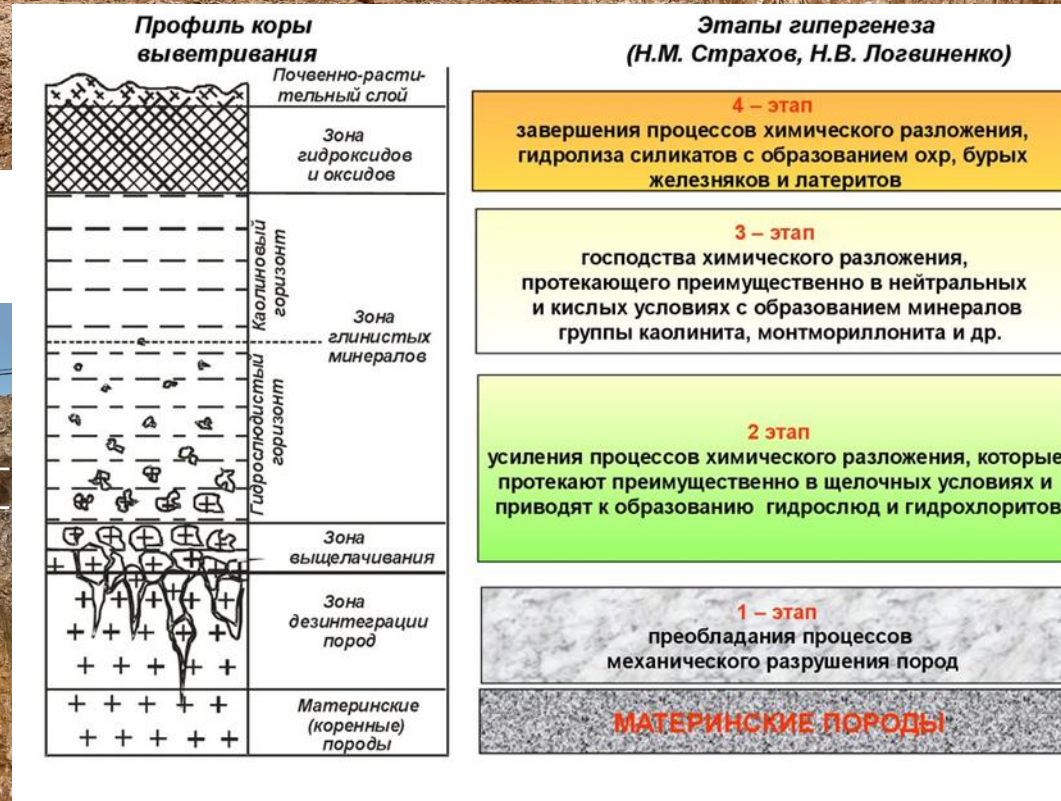


Фрагмент (эрозионный останец) **древней** (неоген-раннечетвертичной?) **погребенной** (под чехлом четвертичных пролювиально-делювиальных и техногенных отложений) **коры выветривания**, сформированной на пологих склонах, сложенных эоценовым и верхнемеловым флишем.

Возможно – качественное сырье для античного керамического производства
Выходы на поверхность – пока не известны, возможно – скрыты под современной застройкой



Фрагмент древней погребенной коры выветривания



ен-раннечетвертичной?)
виально-делювиальных и
сформированной на пологих склонах, сложенных

керамического производства
можно – скрыты под современной застройкой

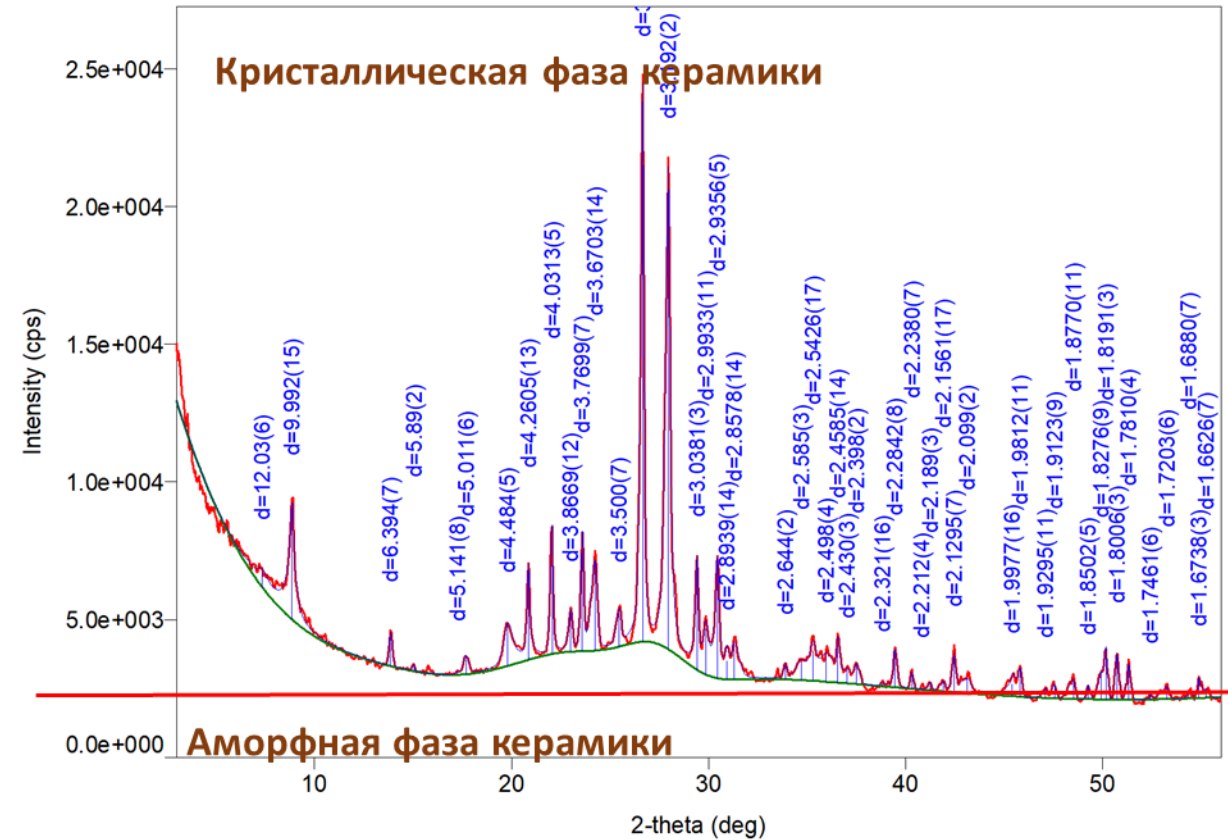
Комплексное изучение минерального состава керамики



Микроскопическое изучение керамики в прозрачных шлифах на поляризационном петрографическом микроскопе.



Валовый минеральный состав керамики определялся методом **фазового рентгеноструктурного анализа (RFSA)**

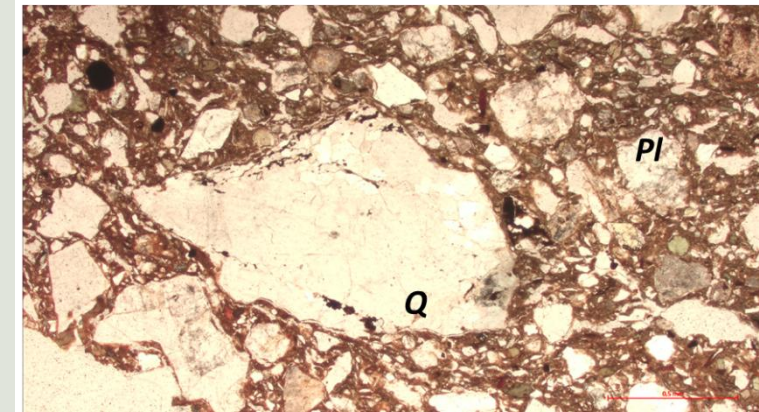
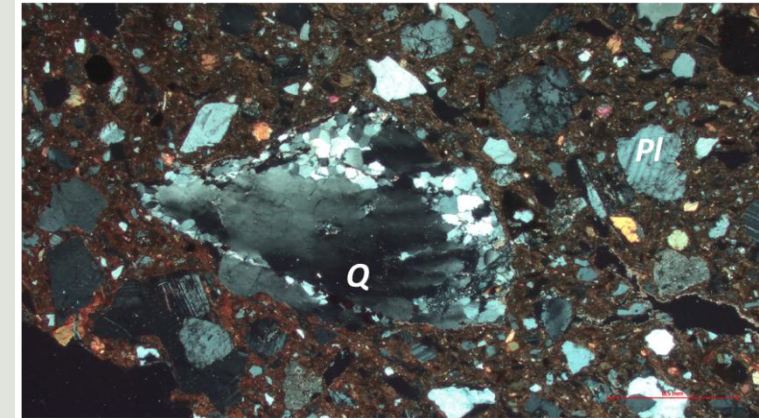


По облику (структурно-текстурным признакам) керамика соответствует кварц-силикатной обломочной породе, «литофицированной» (преобразованной из рыхлых терригенных обломочных отложений в керамику) в результате минеральных преобразований исходно глинистого матрикса формовочной массы при термическом обжиге.

Компоненты керамического материала

- **Кластика** – крупные обломки грубо-крупно песчаной размерности, обычно – петрокласты (полиминеральные обломки магматических и метаморфических горных пород), редко – литокласты – обломки осадочных пород.
- **Наполнитель** – обломки преимущественно мелкопесчаной размерности, кристаллокласты – обломки минералов (мономинеральные).
- **Матрикс** – «цемент», связующая масса, формируется при «спекании» глинистой формовочной массы – преобразовании глинистых минералов в агрегат (парагенез) слюды мусковита и окислов железа. Достаточно разнообразный минералогический и петрографический состав кластики керамики ...

25-15-2



Характеристика состава керамики выполнена в соответствии с подходами к типизации и описанию терригенных обломочных горных пород (Недоливко, Ежова, 2012; Платонов, Тугаров, 2017; Шванов и др., 1987), принятых в литологии и седиментологии (Фролов, 1992, 1993, 1995).

Основные факторы формирования минерального состава керамики: состав магматических пород «питающей провинции» и его преобразование при обжиге



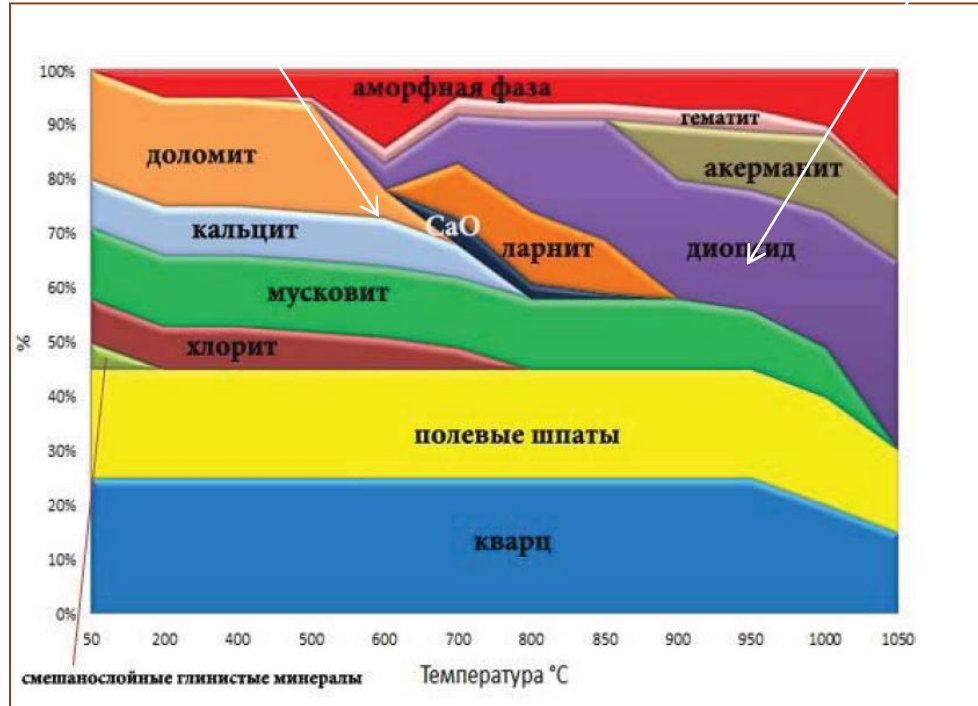
Принципиальная схема минерального состава основных
типов магматических горных пород





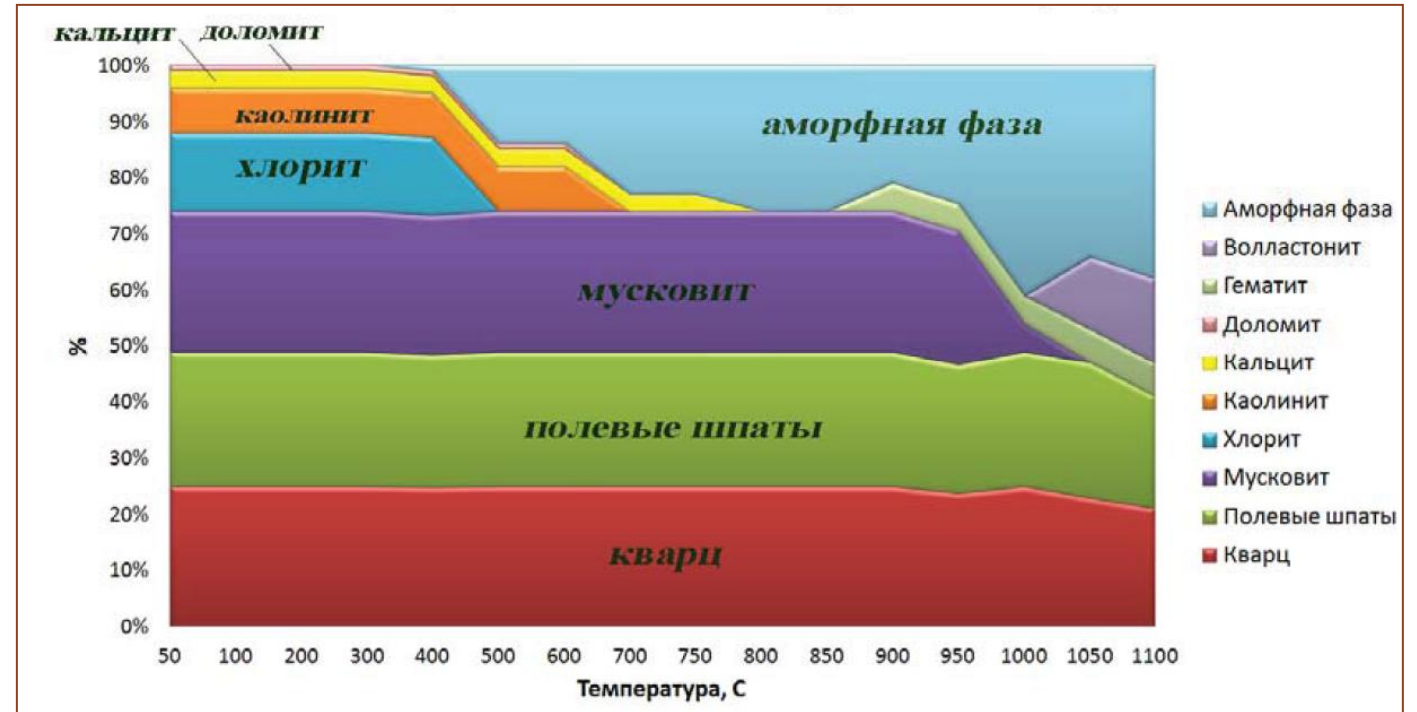
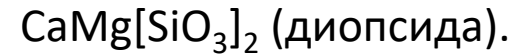
Типовые преобразования минеральной фазы при обжиге глины

Существенно карбонатные глины



Диопсид-брукит –
плагиоклаз-кварцевая
керамика

Силикатные низкокарбонатные глины



Кварц- полевошпатовая
керамика



Основные группы минералов древней керамики

Древняя керамика – сложный полиминеральный многокомпонентный и многофазовый материал.

Фазы керамики: минеральная кристаллическая (80-95%) и аморфная или скрытокристаллическая (5-20%)

Кластика пород питающей провинции

аллогенные минералы Q, Pl, Fsp, Px, Amf

Седиментационные минералы

Аутигенные минералы
Пирит, глинистые минералы,
карбонаты, сульфаты и др.

Минералы керамики

Керамический парагенез
Px(Dp+Hem), Bru

Минералы вторичных
изменения керамики

Гипергенный парагенез
Px(Dp+Hem), Bru

аморфная или скрытокристаллическая фаза

Q-кварц
Pl-плагиоклазы
Fsp – калиевые полевые шпаты
Pl – плагиоклазы
Ms - мусковит
Px- пироксены
Dp – диопсид
Amf-амфиболы
Pr - пирит
Hh – гетит
Bru - брукит

Quartz + plagioclase + k-feldspar + illit + **diopsid** + **hematit** + **calcite**

Quartz + plagioclase + **diopsid** + **hematit** + **calcite**



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



Минералы керамики– индикаторы исходных комплексов пород

Основные минералы неолитической керамики («породообразующие»): форма нахождения, диагностические признаки, распространённость и отличительные особенности.

- **Кварц** – наиболее распространенный минерал, наблюдающийся в разнообразных формах нахождения: в составе обломков горных пород (гранита, гнейса, риолита), жильного кварца, кварцита (?) или мономиктового песчаника (?). Кристаллокласты кварца остроугольные, а окатанные зерны – возможно, являются материалом эолового (ветрового) разноса.
- **Плагиоклазы** – зерна с характерным полисинтетическим двойникованием, в различной степени измененные (серицитизированные).
- **Калиевый полевой шпат** – измененные выветрелые зерна. Количество КПШ в керамике, в целом, несколько большее, чем по данным РФА, что, вероятно, связано с сильным выветриванием КПШ и проблемным ее разделением от плагиоклазов по дифракционным данным (!?).
- **Биотит** – наиболее распространенный темноцветный минерал. Уверенно диагностируется по комплексу признаков (цвет, спайность, форма зерен и др.).
- **Амфибол** – обломочные зерна, в различной степени выветрелые или идиоморфные кристаллы (чаще в обломках вместе с плагиоклазом), нередко – с характерными двумя направлениями спайности.
- **Хлорит** – диагностирован главным образом в грубой керамике в виде крупных (более 0,5 мм) сильно выветрелых зерен волокнистых и шестоватых кристаллов. По Р
- **Кальцит** CaCO_3 – описан в двух формах нахождения – как «накипь» и как кластика .
- **Пироксен** – акцессорный минерал (не диагностирован РФА), идиоморфные кристаллы (в карбонатите), мелкие обломки и мелкокристаллические агрегаты (обломки пироксенита).
- **Оливин** – единичные мелкие зерна, измененные, но выделяющиеся цветом и рельефом. Минерал из ультраосновных пород Офиолитового комплекса Ониба. Оливин – наименее устойчивый к транспортировке и разрушению в корях выветривания минерал (!!!) Его сохранность в глине - индикатор крайне незначительного переноса и «местного» происхождения кластики.
- **Тальк** – вторичный минерал гидротермального изменения ультраосновных пород. Вместе с оливином указывают на присутствие в районе формирования керамического сырья магматических пород ультраосновного состава.



Минералогические индикаторы температурных условий производства неолитической керамики.

обособляются типы как достаточно высокотемпературной керамики (с муллитом), так и керамики низкотемпературного обжига (с сохранением глинистых минералов)

- ❑ Термическое изменение и **разрушение слюды (биотита)**.
- ❑ **Сохранение смектита** рассматривается как **признак низкой температуры обжига**, менее вероятно (?) – загрязнение в почве или диагенетические изменения керамики. Отмечен в единичных образцах всех групп керамики, кроме слюдистой. Разрушение смектита начинается при температуре более 600°C и полностью он разлагается (в мусковит или аморфную фазу) при T^0 выше 800°C.
- ❑ **Образование муллита**. Минерал, не самый распространенный в керамике неолита, так как образуется при T^0 **более 900°-950°C** при обжиге каолиновой (каолинит содержащей глины). Находится в неупорядоченной микроструктурной форме в аморфной фазе керамики, диагностируется только РФА. Встречен в 4 обр., 3 из них – отнесены к типу «Слюдистой» керамике.
- ❑ Крупные обломки кварца с каймой **термического растрескивания**, результат фазового переход α - кварца в β -кварц при **температуре 573 °C**.
- ❑ Признаки **«плавления» обломков кварца** алевритовой размерности, перехода а аморфную форму в результате обжига.

Типовые преобразования минеральной фазы глин при обжиге силикатных низкокарбонатных глин.
(Салахов, 2016).

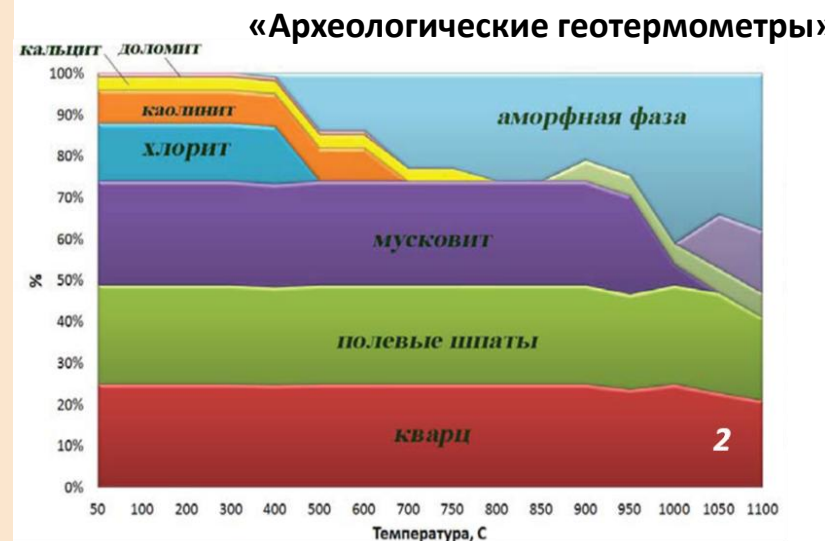
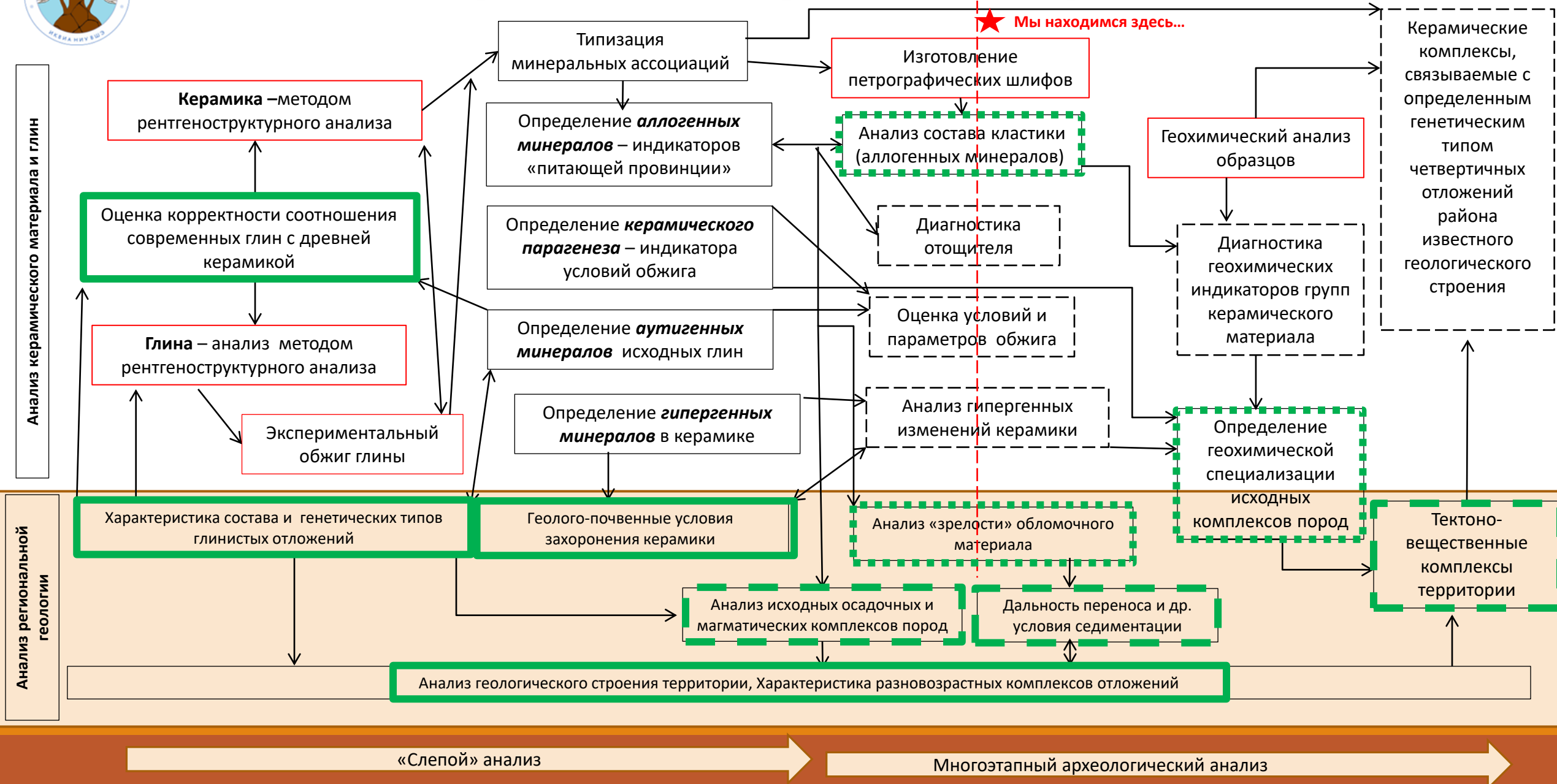
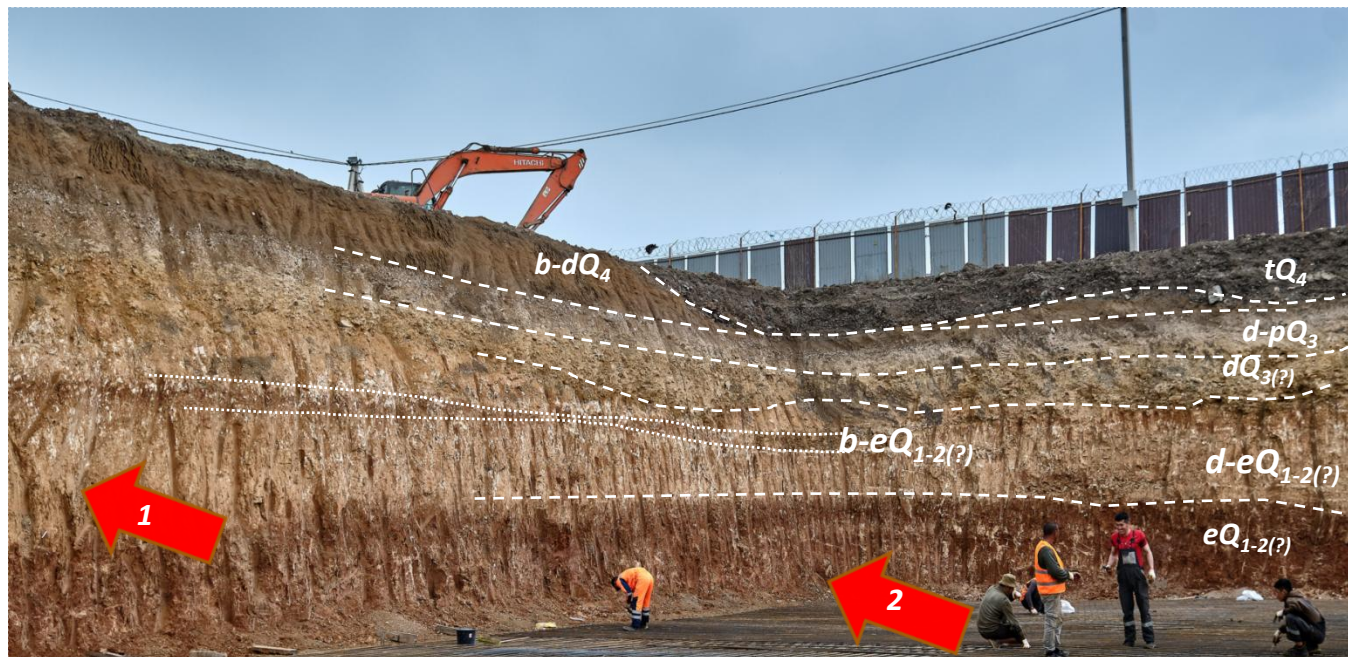




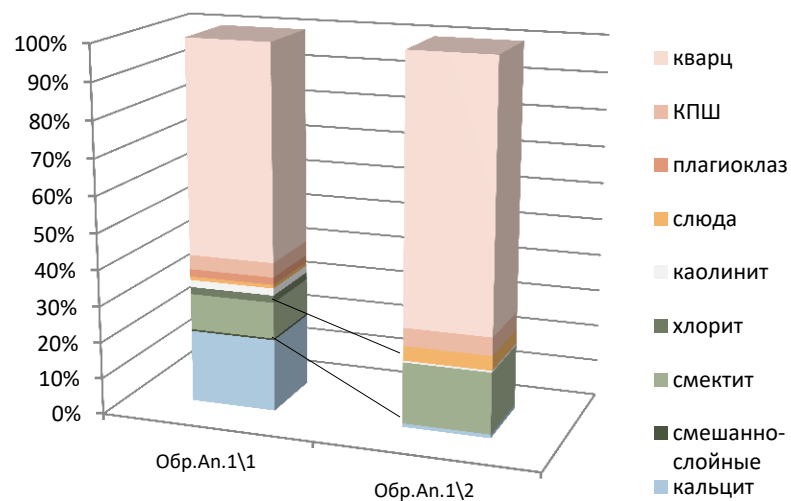
Схема рабочего процесса (workflow) локализации археологического керамического материала

Составлено А.Клочко

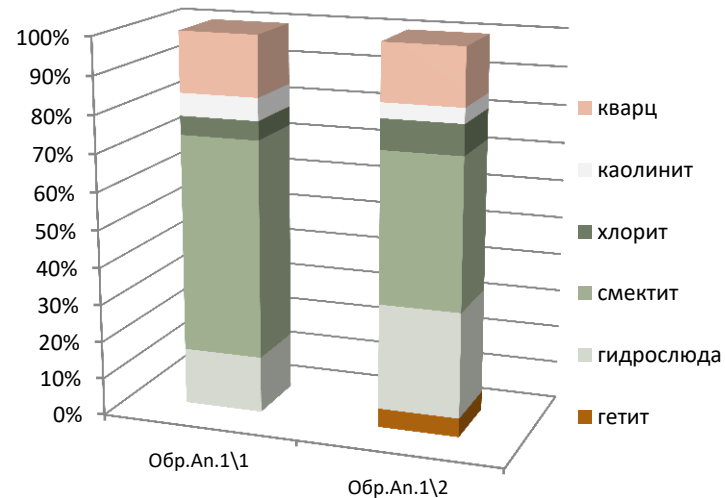




Минеральный состав
кристаллической фазы глин



Минеральный состав
глинистой фракции



$eQ_{1-2(?)}$

Источник вулканического вещества («скрытой пирокластики») в глинах (и керамике ?)

Останец погребенной древней коры выветривания -
делювиально-элювиальные раннечетвертичные (?) отложения.
Поверхность эрозионно-денудационного рельефа пос. Су-Псех.



Полигенные (пролювиально-элювиальные ?)
отложения



Признаки «транслирования» в глины материала из пирокластических толщ (анапская свита, эоцен)
– минералы цеолит и амфибол (роговая обманка).

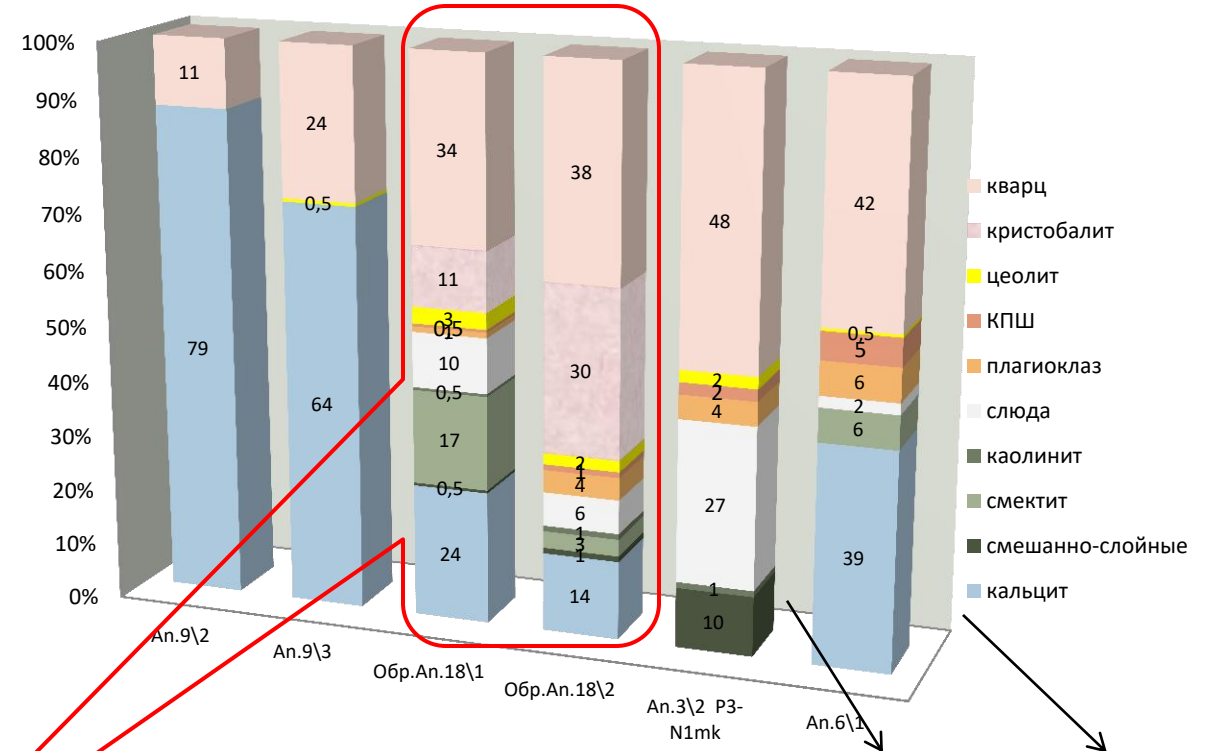


Глинистая фракция. Результаты рентгенофазового анализа.											
№ обр.	гидро- слюда	сметтит	хлорит	каолинит	цеолит	кварц	КШШ	плагноклаз	кальцит	гётит	сумма
An 1-1a	15	58	5	6	0	16	0	0	0	0	100
An 1-2	28	40	8	4	0	15	0	0	0	5	100
An 2	44	33	0	11	0	12	0	0	0	0	100
An 3-2	15	68	4	7	6	0	0	0	0	0	100
An 5-1	5	68	9	10	0	6	0	0	2	0	100
An 6-1	16	72	0	3	2	4	0	3	0	0	100
An 7-1	33	41	8	9	0	6	0	0	3	0	100
An 8-2	26	46	2	8	6	8	1	следы	3	0	100
An 10-1	11	61	2	10	0	14	0	0	2	0	100
An 10-2	22	17	4	14	0	12	0	0	31	0	100
An 10-3	30	43	2	11	0	10	0	0	0	4	100
An 12	9	10	следы	3	0	6	0	0	72	0	100
An 17-1	19	73	1	4	0	3	0	0	0	0	100
Xp-1	64	15	0	16	0	4	0	0	0	1	100

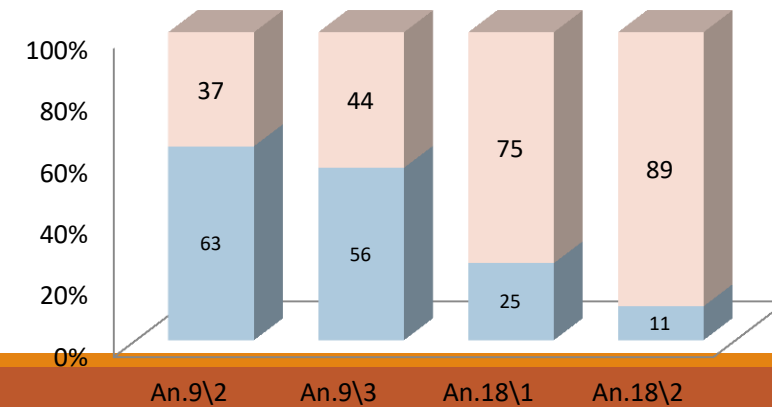
Валовые пробы. Результаты рентгенофазового анализа													
№ обр.	слюда	а-сметтит	сметтит	хлорит	каолинит	неолит	кварц	клинто- бит	кварц	КШШ	плагно- клаз	роговая обманка	СРх
1 An 1-1a	1	следы	10	2	2	0	0	59	4	2	0	0	20
2 An 1-2	4	0	17	0	следы	0	0	73	5	0	0	0	1
3 An 2	6	следы	следы	1	0	0	0	23	следы	следы	0	0	70
4 An 3-2	27	10	0	2	5	2	0	48	2	4	0	0	0
5 An 5-1	7	3	3	7	5	следы	0	25	1	3	0	0	44
6 An 6-1	2	0	6	0	следы	0	0	48	5	6	0	0	33
7 An 7-1	3	0	11	1	2	0	0	73	4	4	0	0	2
8 An 8-2	33	2	2	0	6	0	0	23	7	1	0	0	24
9 An 9-2	6	следы	3	0	3	0	0	17	следы	1	0	0	70
10 An 10-1	0	0	следы	3	следы	0	0	20	2	4	0	0	33
11 An 10-1	7	следы	10	1	3	0	0	30	следы	3	1	0	45
12 An 10-2	9	1	4	1	2	0	0	29	4	2	следы	0	48
13 An 10-3	5	1	4	следы	1	следы	0	23	1	3	0	0	61
14 An 12	4	1	4	следы	3	0	0	30	1	4	0	0	53
15 An 17-1	1	0	0	0	0	0	0	86	6	2	0	0	5
16 An 18-1	10	0	17	0	следы	0	11	34	следы	1	0	0	24
17 An 18-2	6	1	3	0	1	2	30	38	1	4	0	0	14
18 Xp 1	5	1	4	5	1	0	0	46	2	8	1	0	27



Минеральный состав кристаллической фазы дочетвертичных пород



Анализ карбонатности



CaCO3 нерастворимый остаток

Материалы экспериментального керамического обжига



A1 - светложгущаяся. "проявление" рыжизны = лимонад аморфный, но мало. предсказуемо.

A2 - между бело- и светложгущимися, удивил - думала, будет как A1, к тому же Аня говорила, что там гётит. Рядышком лежали? А разные. В работе идеальны, я писала.

A3 Начальная литификация, да. В работе проблемна, понятно как готовить, но геморрой.

A4 - светложгущаяся, предсказуемо. Правда, я думала что чуть покраснее будет. Но нет. По свойствам - как A3. На фото с телефона видны микротрещины на обоих,

A3 и A4: готовить для использования их надо больше, чем сутки)

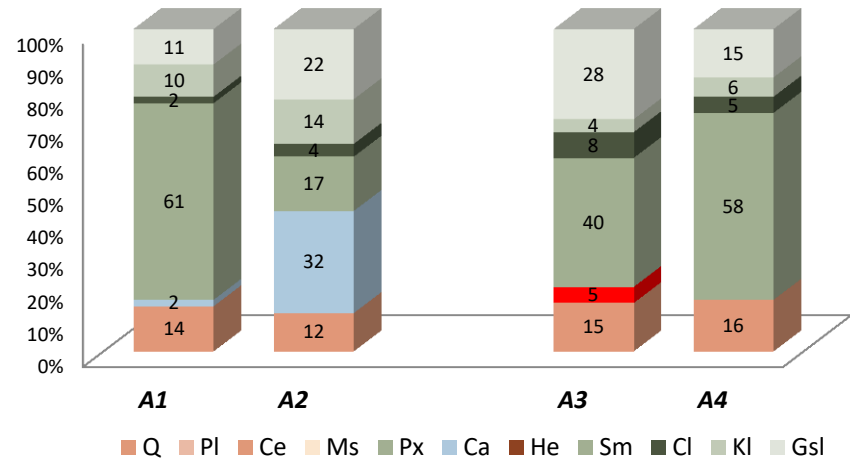
Рис... Материалы экспериментального керамического обжига глин, отобранных в окрестностях г.Анапы (два генетических типов отложений и четыре литологические разности глин). Вверху – образцы глин до обжига
В центре – образцы полученной при 950° керамики сразу после обжига и не следующий день (внизу).

Полигенные пролювиально-озерные глины: **A1** и **A2**.

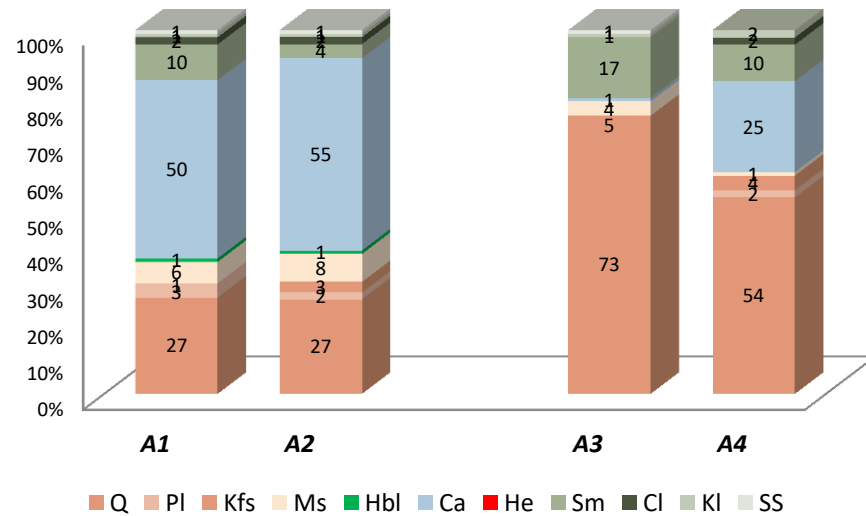
Глины коры выветривания (элювиальные): **A3** и **A4** (*обр.1.2, и обр.1.1., Таблица....*)



Минеральный состав глин (пелитовая фракция),
использованных для экспериментального обжига



Минеральный состав глин (валовый состав),
использованных для экспериментального обжига



Минеральный состав экспериментальной керамики

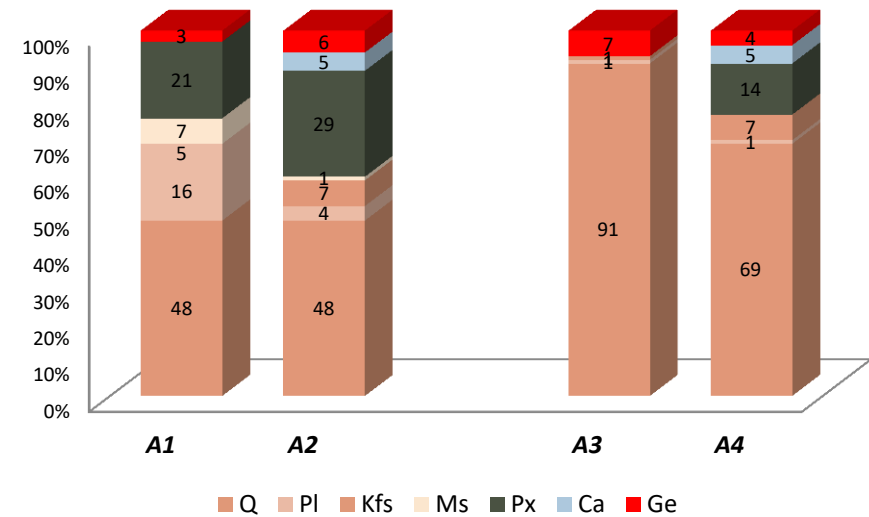


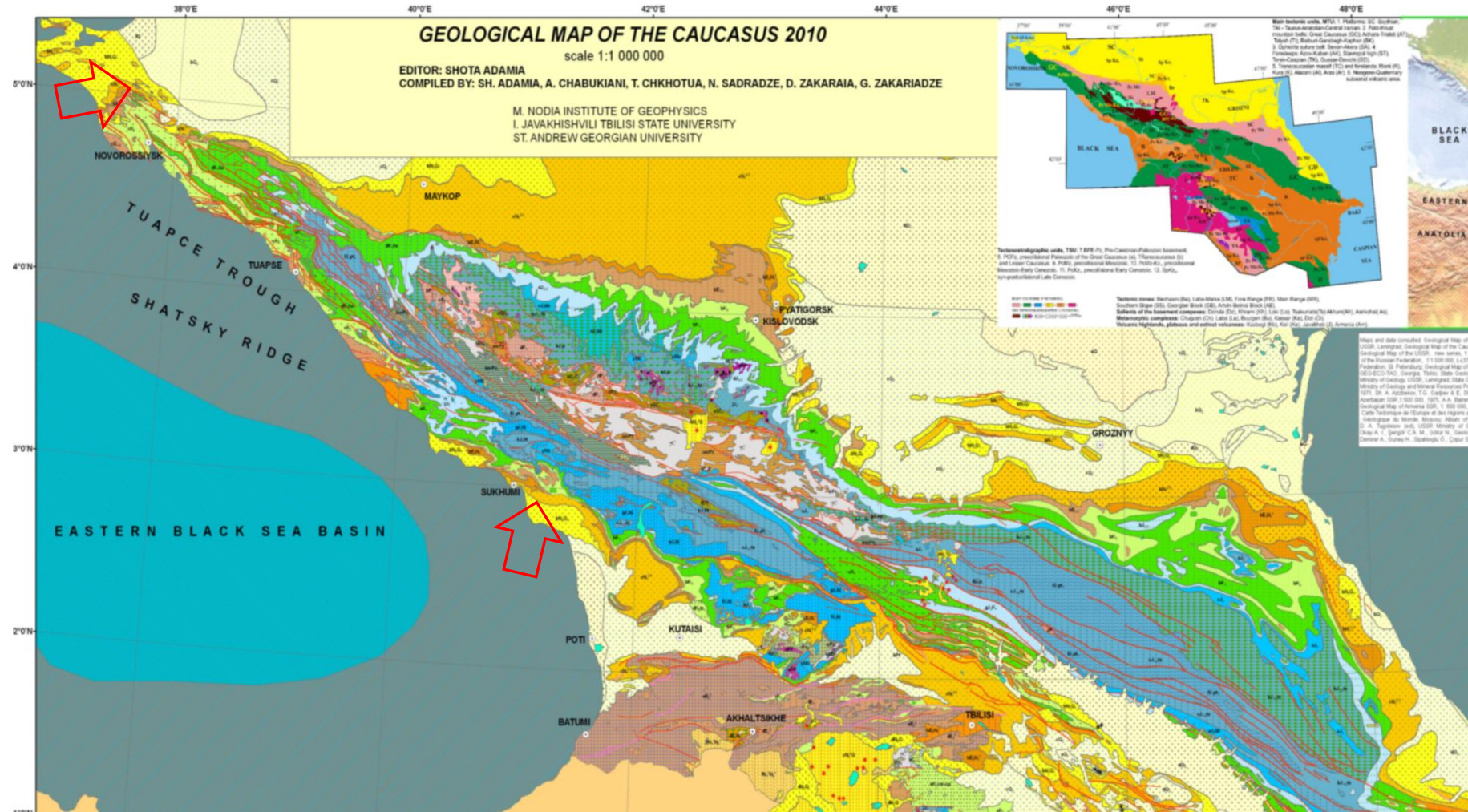
Рис... Минеральный состав глин (..) и полученной из них керамики экспериментального обжига (...)

*значения содержания минерала на грани чувствительности метода (сл.) для отображения на диаграммах округлены до 1%.

Геологические обстановки формирования глинистого сырья.



Принципиальные различия в тектонической позиции и геодинамических режимах между соседними регионами нахождения комплексов античной амфорной тары

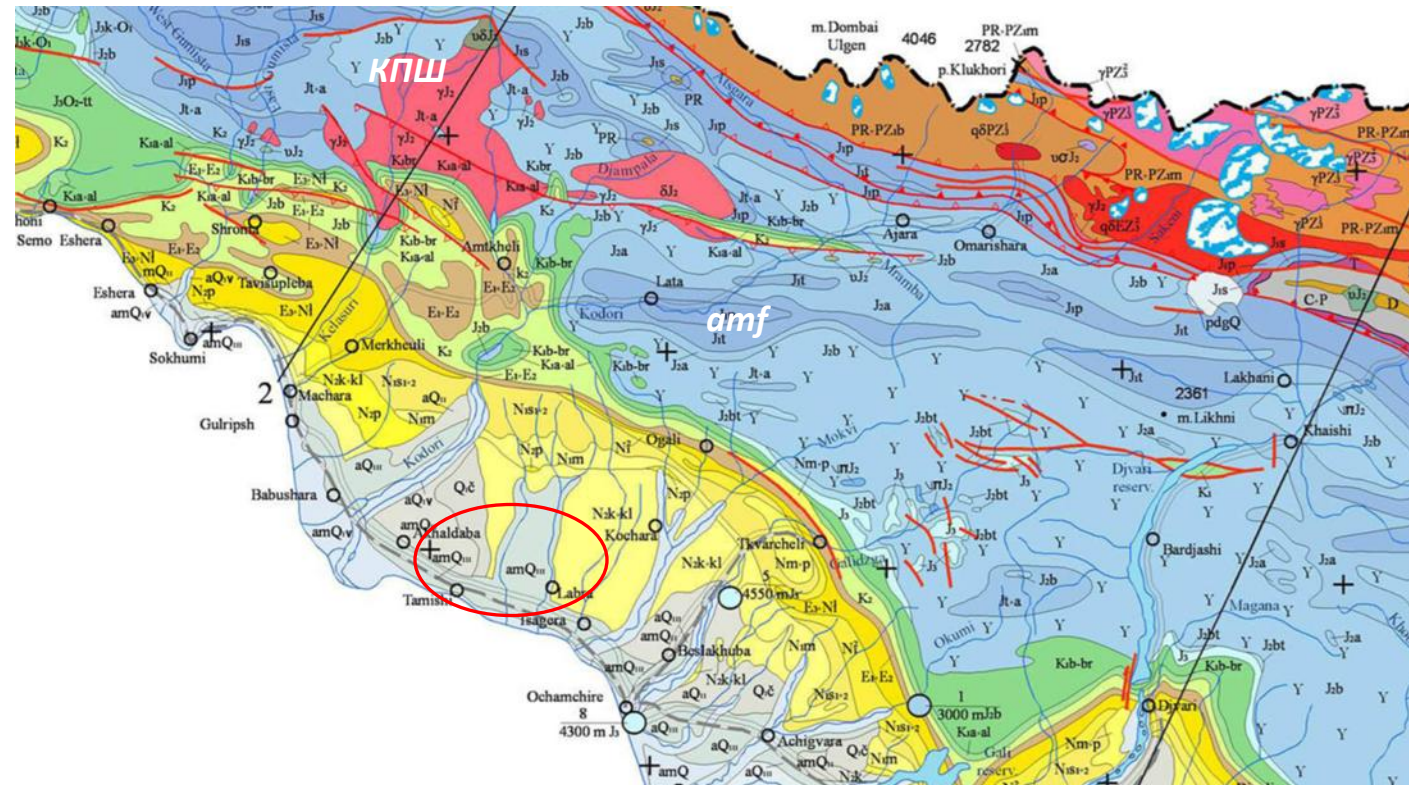




Фрагмент геологической карты Юго-Западного Кавказа



Силикатные низкокарбонатные глины



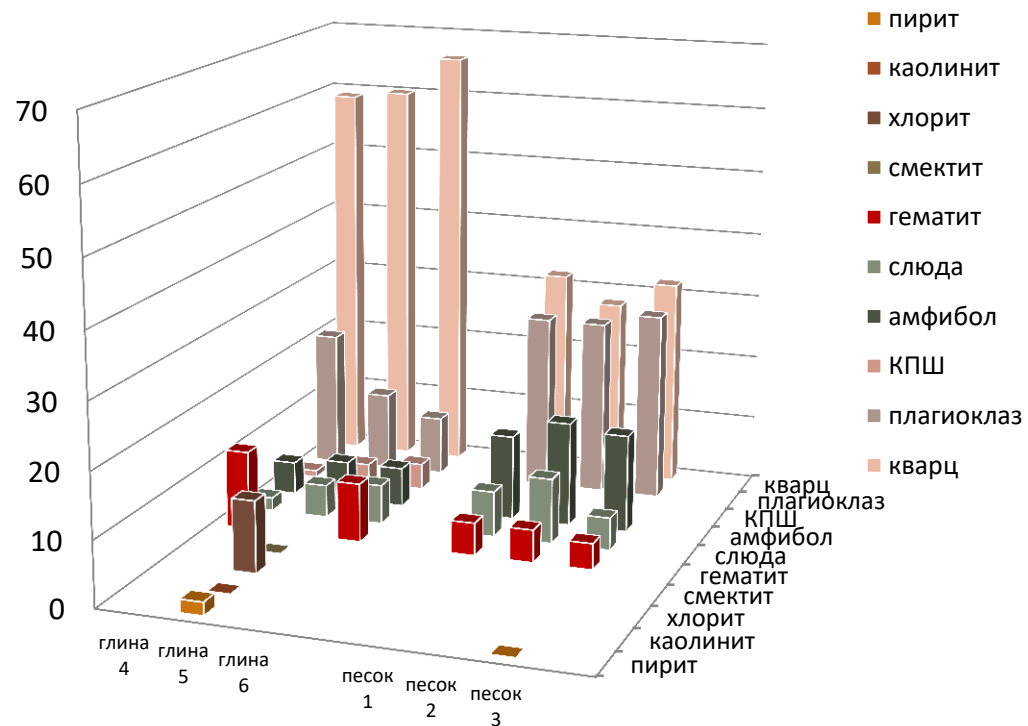
Зона делювиально-пролювиальный шлейфов на высоких морских террасах



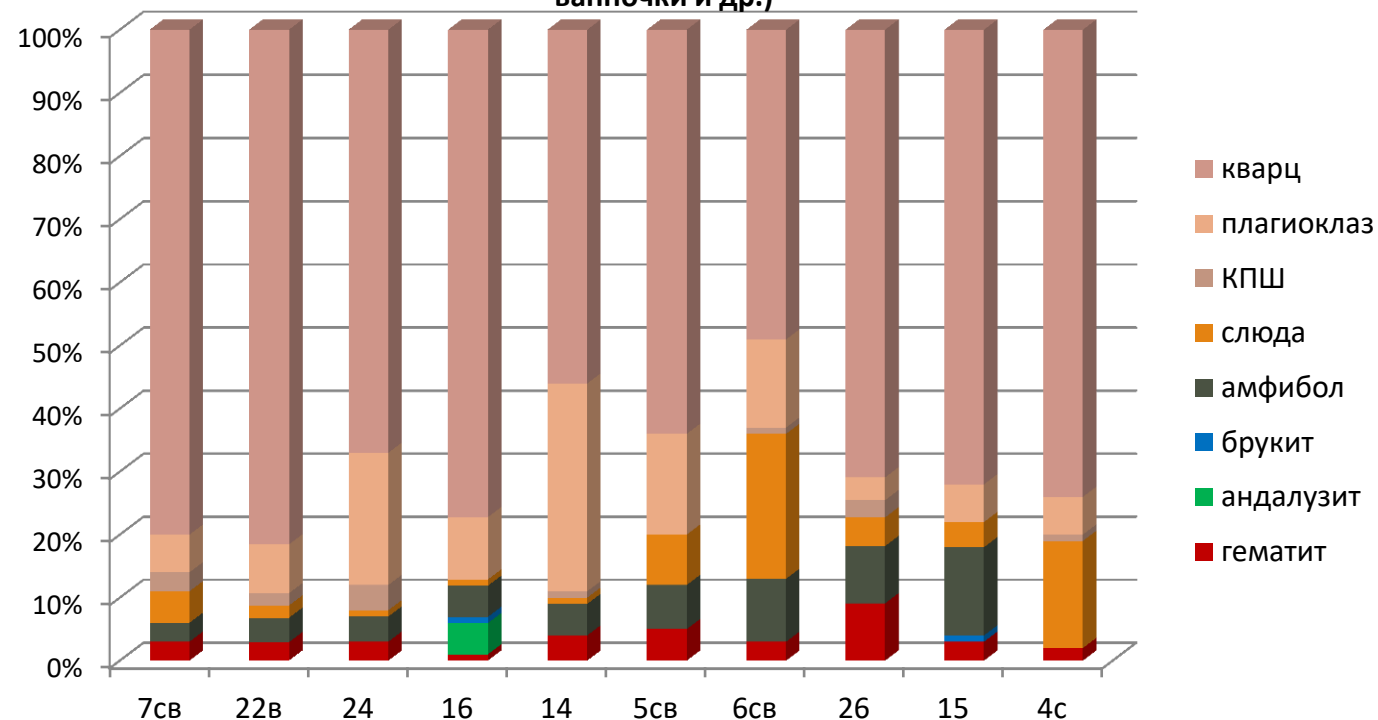
Соотношение составов коричневоглиняной керамики Колхиды и глинистых отложений бассейна р.Кодори

Минералогические особенности набора «глина – керамика

- Глина – силикатная безкарбонатная
- Керамика – брукит-амфиболовая силикатная, железистая.
- Типоморфный минерал – **амфибол** (роговая обманка)
- Минерал **пироксен** не диагностирован ни в керамике, ни в осадочных отложениях
- Полное разрушение глинистых минералов (**хлорит, смектит, каолинит**) в керамике (более 750°)
- Существенное, но неравномерное ожелезнение (**гематит**) керамики.
- Керамический парагенез – **брукит, андалузит, гематит**.
- Признаки разрушения **КПШ** (около 950°)
- Сульфидная минерализация (**пирит**)



Минеральный состав кристаллической фазы образцов коричневоглиняной керамики разного типа (амфорная тара, ванночки и др.)

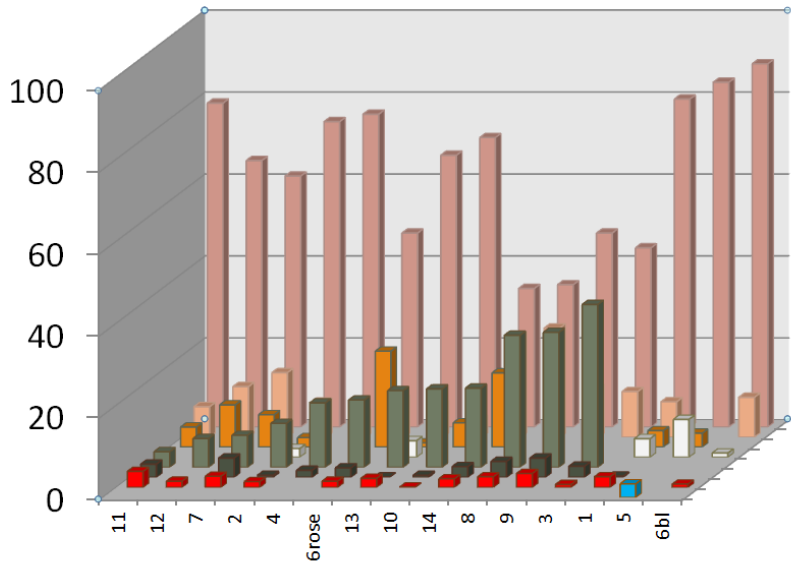




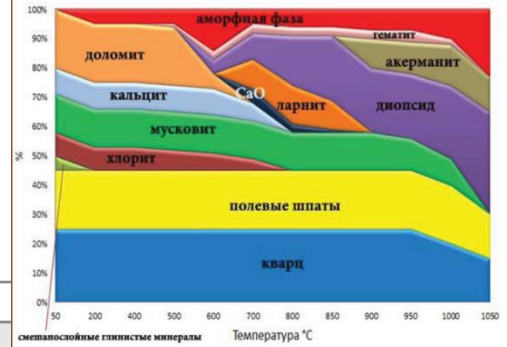
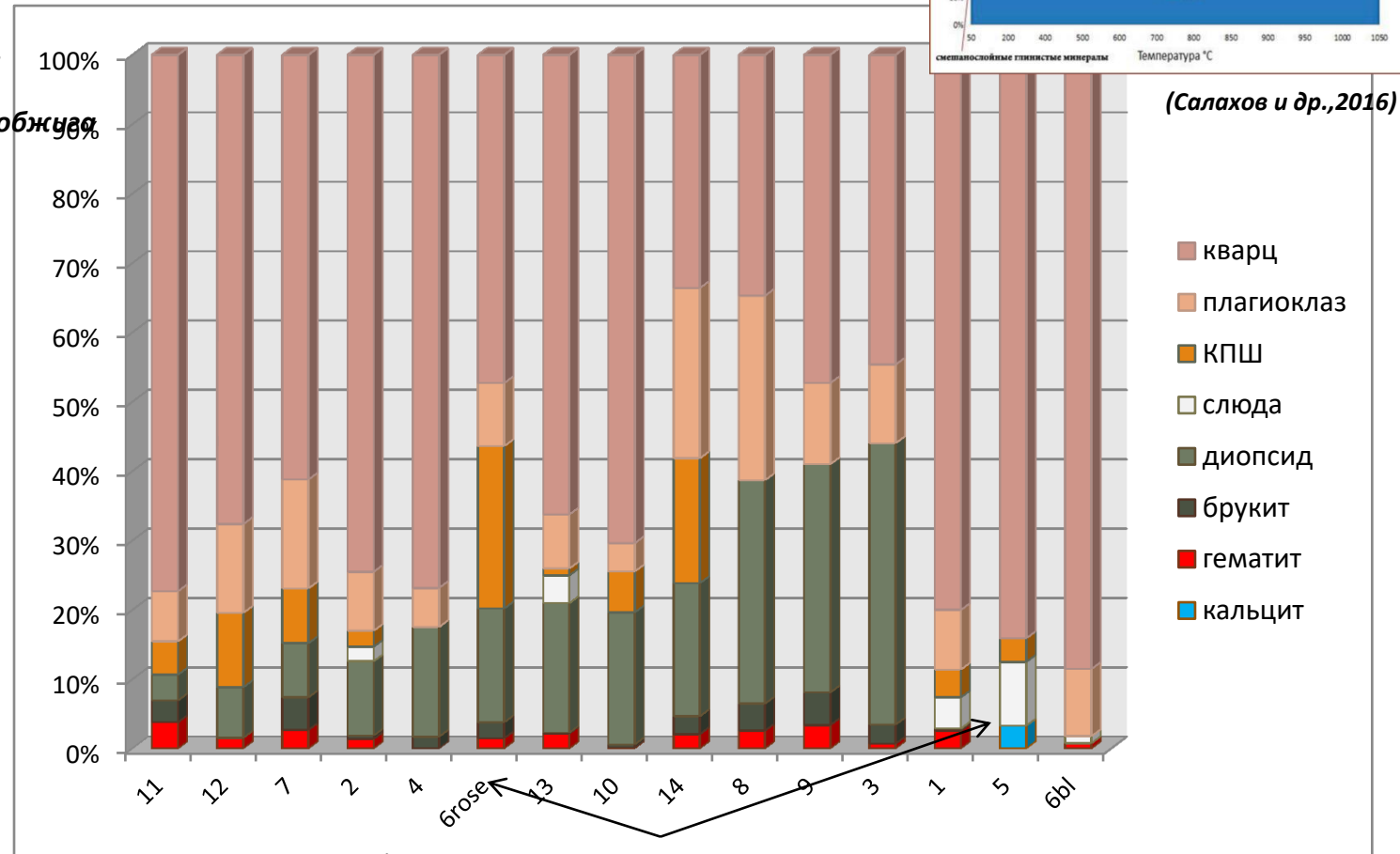
Особенности состава коричневоглиняной керамики из Танаиса

Минералогические особенности керамики

- Керамика – брукит-диопсидовая силикатная.
- Типоморфный минерал – **пироксен** (диопсид)
- Минерал **пироксен** не диагностирован в осадочных отложениях в ближайших локациях.
- Полное отсутствие глинистых минералов в керамике (более 750°)
- Незначительное неравномерное ожелезнение (**гематит**) керамики.
- Керамический парагенез – **пироксен (диопсид), брукит, гематит.**
- **Различия минеральных ассоциаций – результат неравномерного обжига**
- В целом, достаточно однородная (однотипная?) выборка керамики.
- Возможно выделение подвида с большим кол-вом КПШ.



Минеральный состав коричневоглиняной керамики Горгиппии, Танаиса и Елизаветинского городища



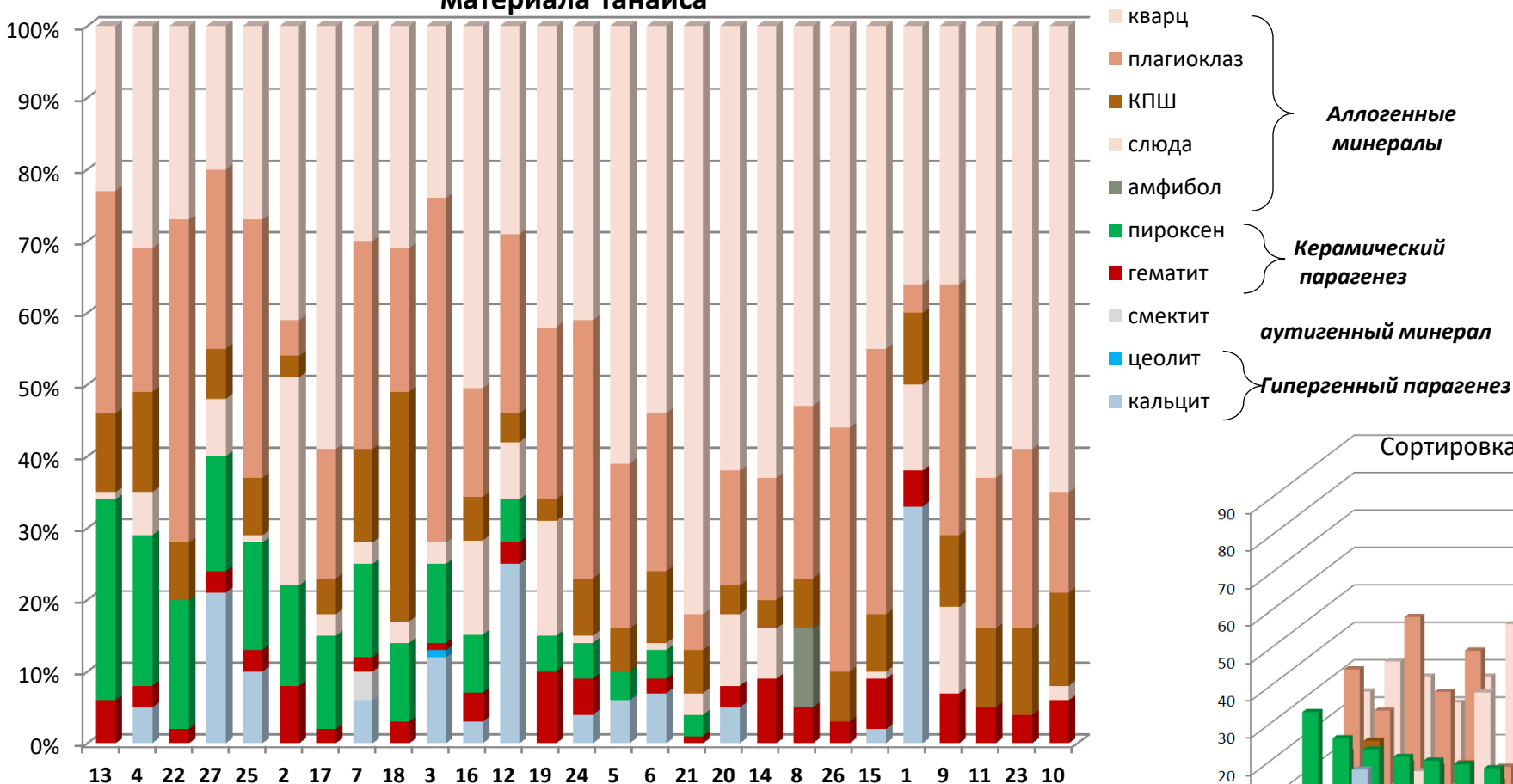
Фрагменты одного сосуда, различающиеся степенью обжига



Особенности состава краснолакового керамического материала Танаиса

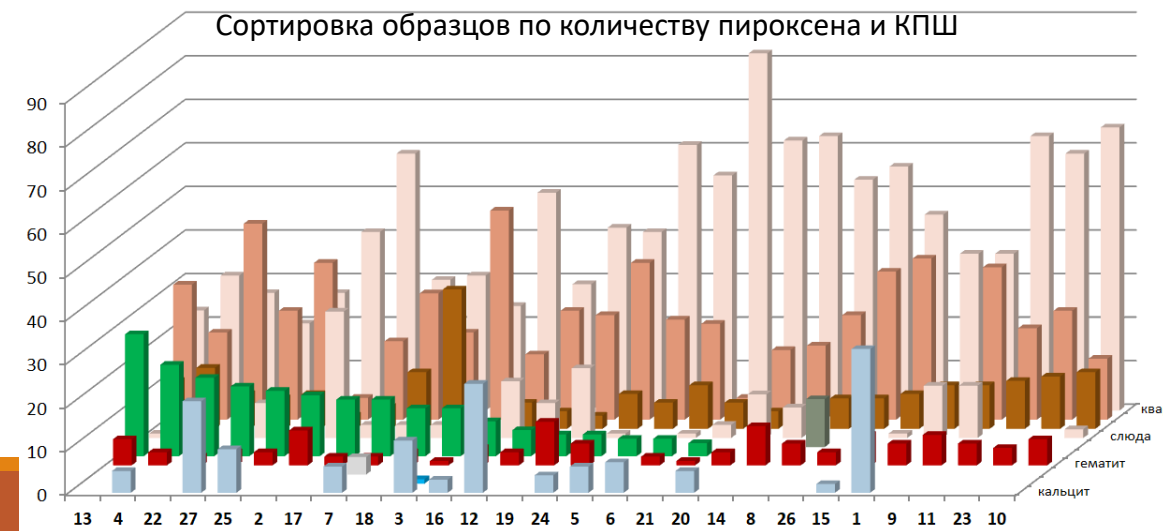
В выборке образцов керамики - признаки смешения нескольких групп, различающихся соотношением основных генетических групп минералов в выборке образцов

Минеральный состав кристаллической фазы краснолакового материала Танаиса



Рабочий вариант типизации керамики

- Пироксенсодержащая керамика
- Пироксенсодержащая керамика без КПШ
- Керамика без темноцветных минералов
- Керамика с пироксеном и амфиболом

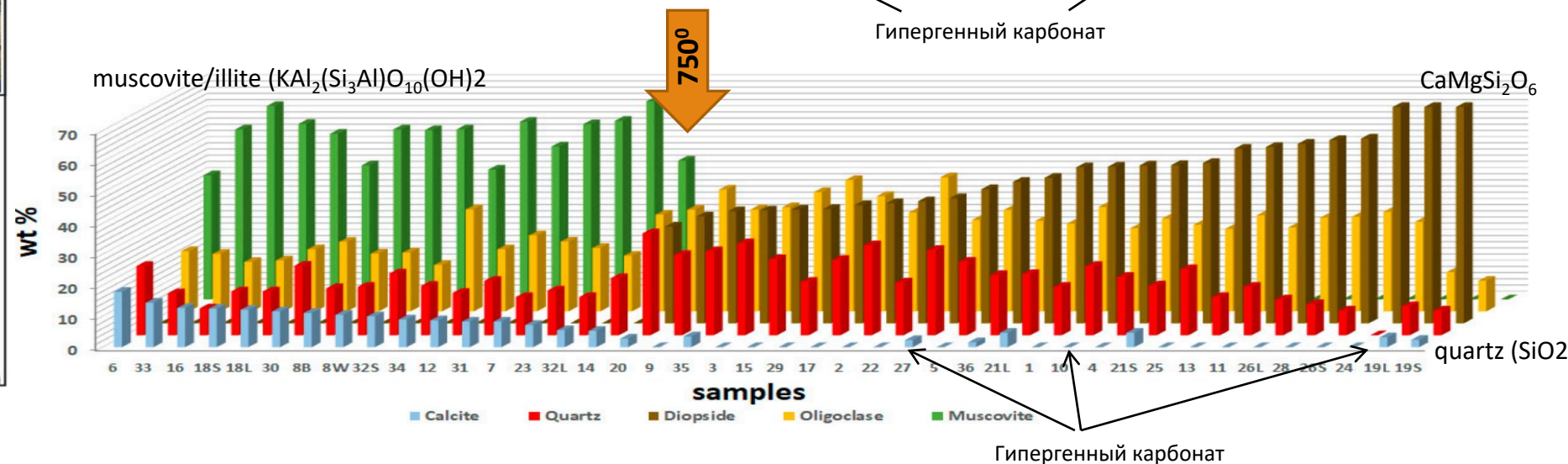
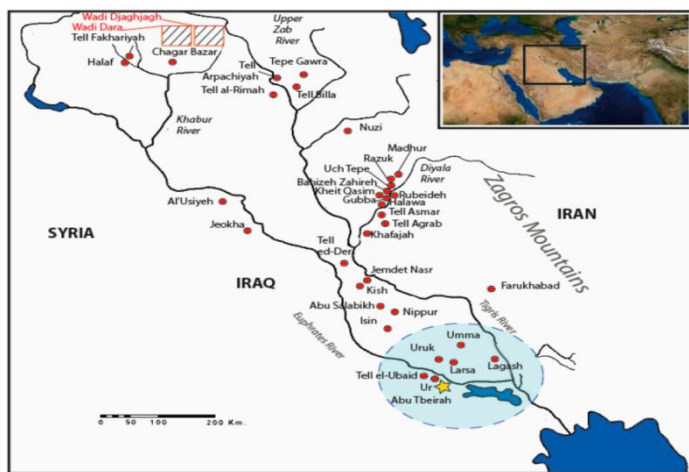
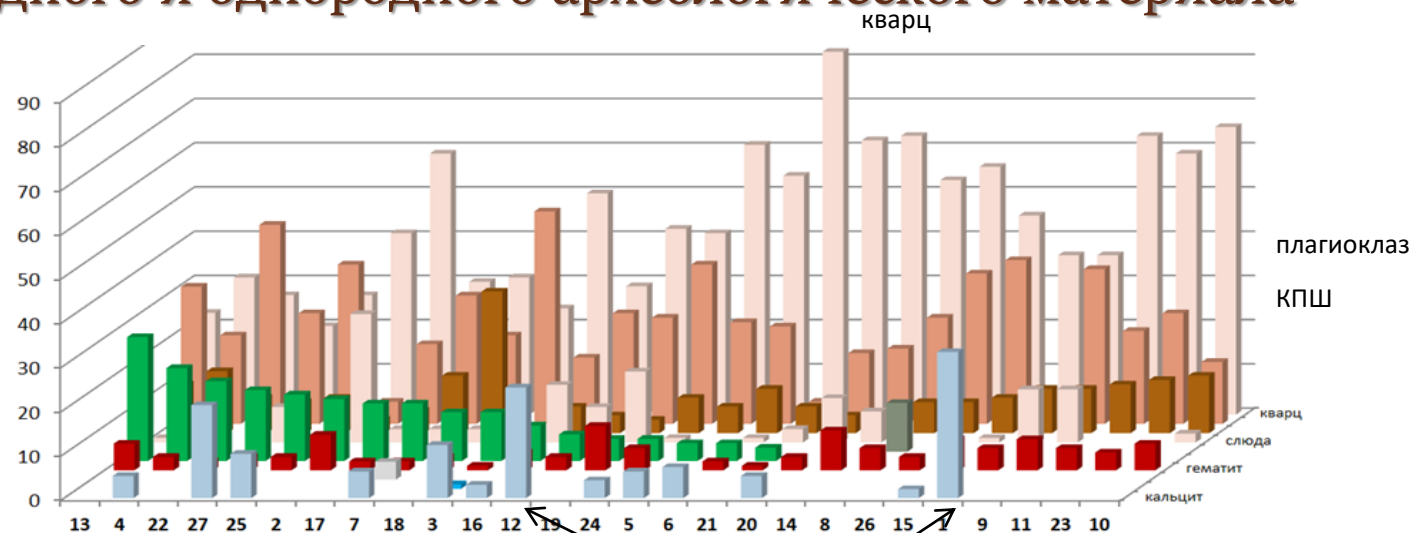




Сравнение гистограмм распределения основных «керамообразующих» минералов в выборках разнородного и однородного археологического материала

Выборка краснолаковой керамики из Танаиса – несколько групп материала, предположительно разных регионов происхождения

Выборка керамики из Южной Месопотамии – материал из одного источника, вариации состава обусловлены различной степенью обжига



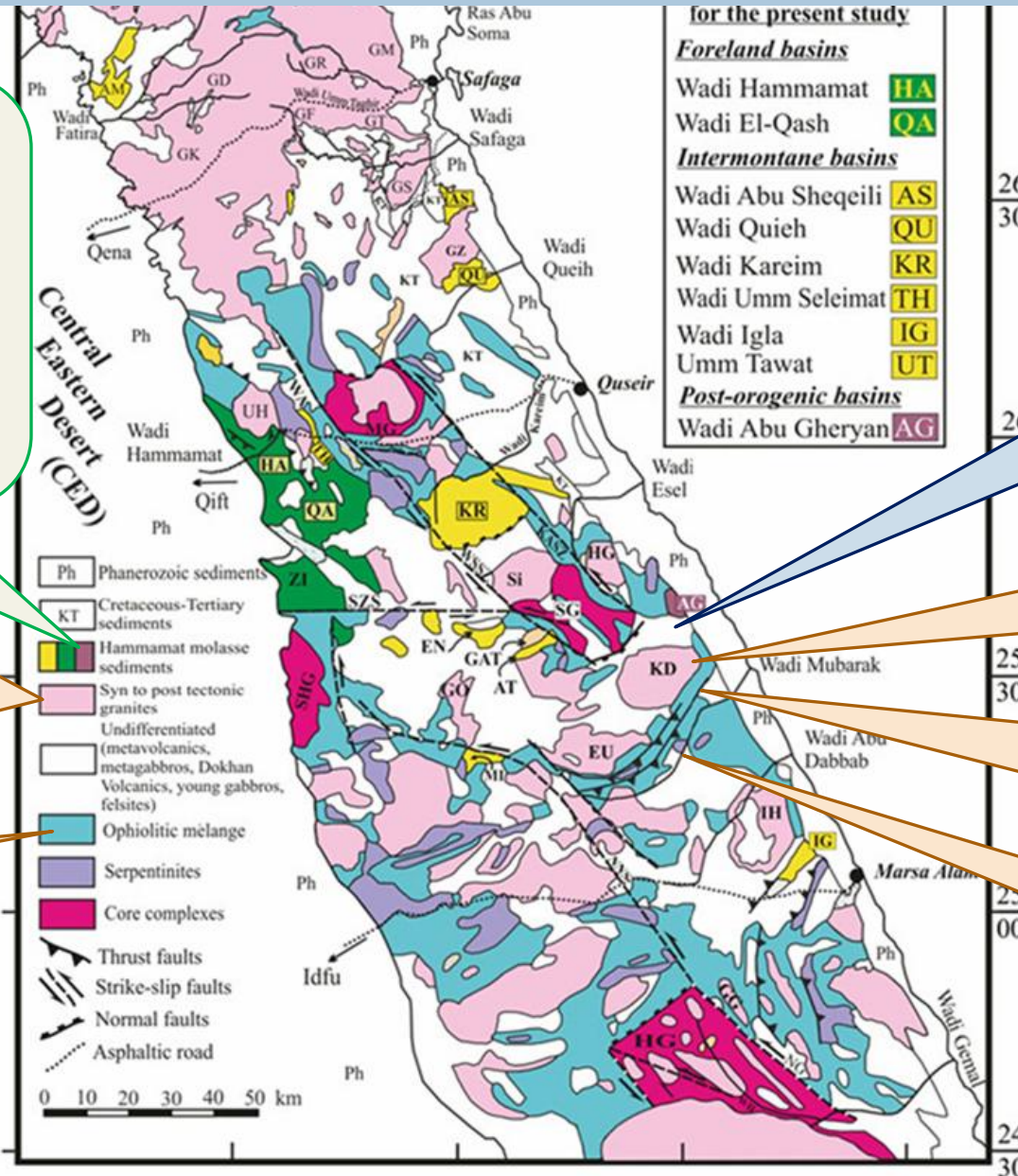
Геологический анализ минерального состава неолитической керамики (пример подхода)



В составе кластической части керамики диагностирован материал трех основных комплексов пород: офиолитов, гнейсов и гранитов в различных соотношениях.

Диагностирован «локальный» керамический материал.

Местные четвертичные отложения – результат выветривания пород как основного-ультраосновного состава (офиолиты?), так и кислого состава (граниты, гнейсы). Вероятны различные источники керамических глин из разных генетических типов четвертичных отложений



5. Керамика со значительным содержанием калиевого полевого шпата (до 17%), без амфибола и с большим количеством слюды **Граниты (?)**

4. Керамика кварц-полевошпатовая (плагиоклаза в два раза больше, чем кварца), без амфибола и калиевого полевого шпата. Очень сильно слюдистая **Граниты+офиолиты (?)**

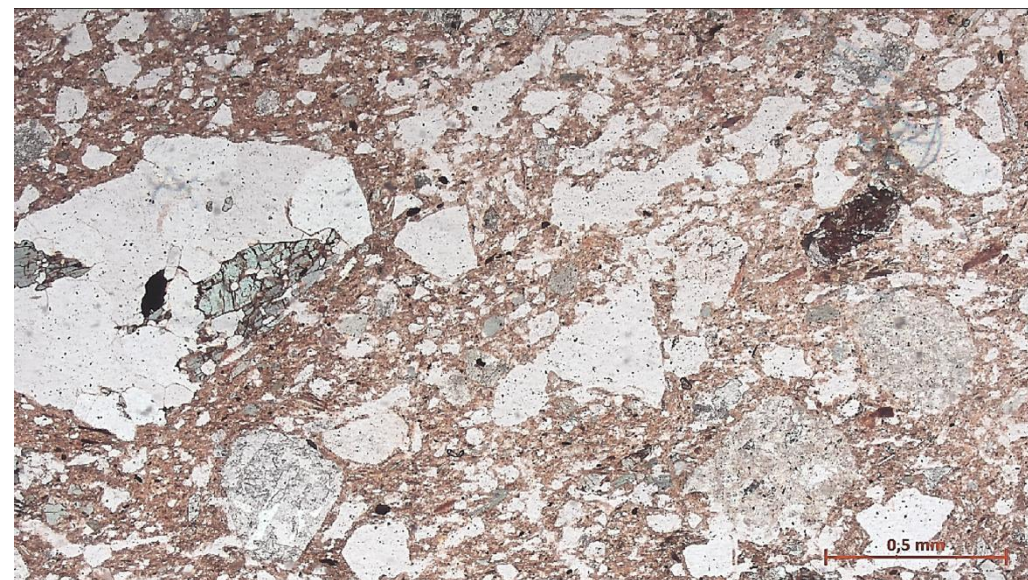
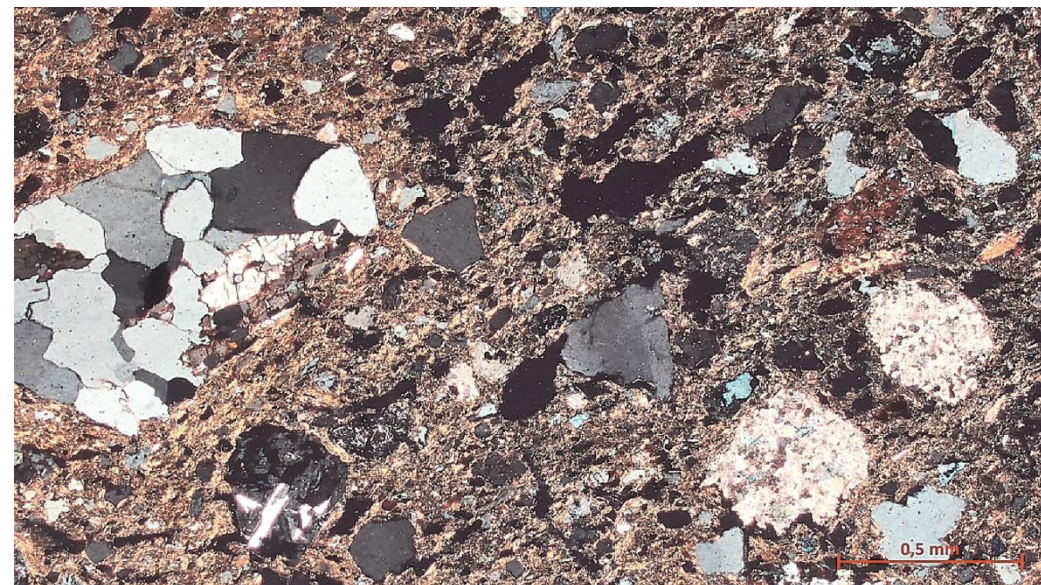
3. Керамика с большим количеством амфибола (до 18%), без калиевого полевого шпата **Офиолиты**

1. Керамика полевошпат-кварцевая (с калиевым полевым шпатом), содержащая темноцветный минерал амфибол, существенно слюдистая (с мусковитом). **Гнейсы+граниты (+офиолиты)**

2. Керамика кварц-полевошпатовая (без калиевого полевого шпата), с меньшим количеством амфибола, слюдистая (мусковит) и относительно более железистая. **Офиолиты+ гнейсы**

Минералогические типы неолитической керамики

Керамика грубообломочная со слюдистым матриксом и «экзотической» кластикой

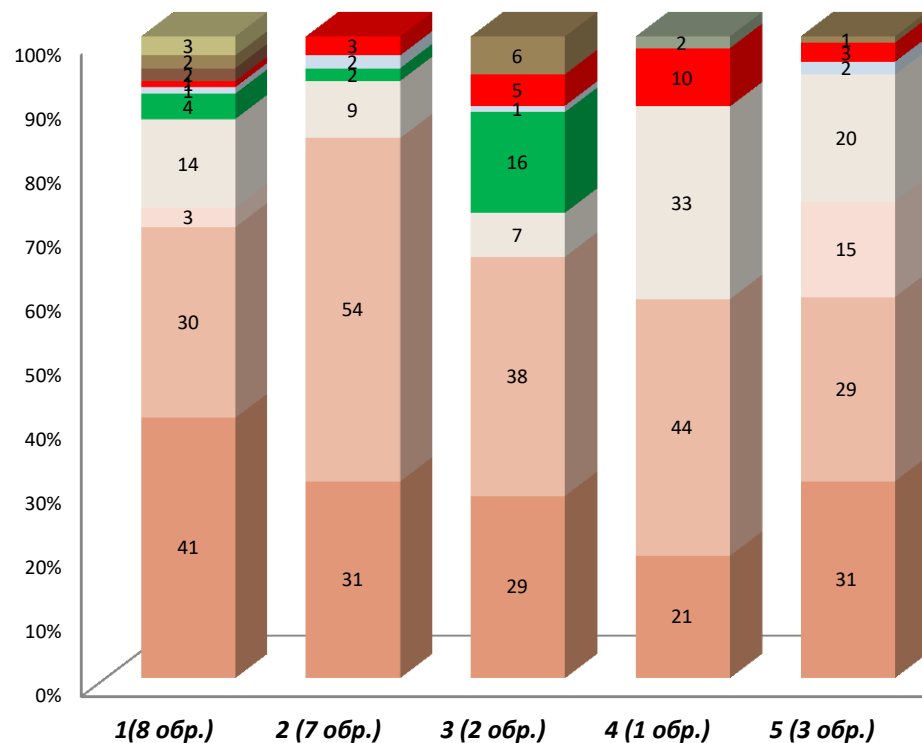


Образец керамики 25/2-14 под микроскопом Вверху– при скрещенных николях, внизу– в проходящем свете.

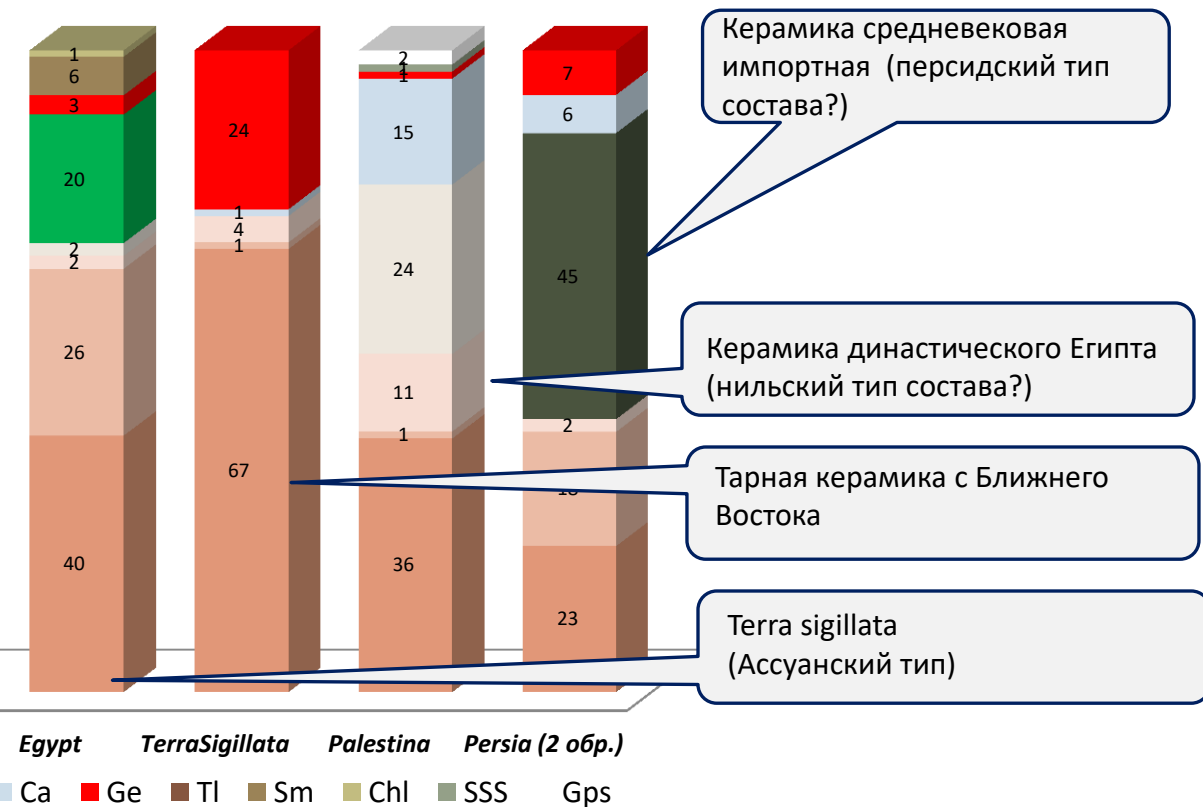


Минеральный состав (кристаллической фазы) керамики разных типов

Неолитическая керамика



Археологическая керамика других типов



Керамика средневековая импортная (персидский тип состава?)

Керамика династического Египта (нильский тип состава?)

Тарная керамика с Ближнего Востока

Terra sigillata (Ассуанский тип)

Уверенно разделяется неолитическая керамика региона и различные типы иного археологического материала

Минералы :

Q – кварц, **Pl** – плагиоклаз, **Fsp** – минералы группы калиевых полевых шпатов, **Ms** – мусковит, **Px** – пироксен, **Amf** – амфиболы, **Ca / DI** – карбонаты (кальцит, доломит), **He** – гематит, **Tl** – тальк, **Gps** – гипс

Глинистые минералы: **Sm** – смектит, **SSS** – смешанно-слойные глинистые минералы + смектит, **Chl** – хлорит, **Kl** – каолинит.



«Жизненный цикл» древней керамики

Выбор глинистых
отложений

Создание
формовочных масс

Обжиг

Использование
керамики

Захоронение в
культурном слое

Механическое
разрушение

Химическая
деградация

Гипергенные
изменения



Кластика исходных
горных пород
(аллогенные минералы)

+

Глинистые минералы
исходных пород
(аутигенные минералы)

Минералы, образованные
при обжиге
(керамический парагенез)

Influences:
Mineral composition of the paste, surface porosity



Гипергенный
парагенез



«...физические, механические и термические свойства раскопанной керамики могут отличаться от свойств недавно сделанного продукта».

(Rouse I., 1944)

Этап захоронения в «истории жизни» артефакта является самым длительным, а иногда и самым трудным этапом всего его существования!

С изменениями и дополнениями, на основе:



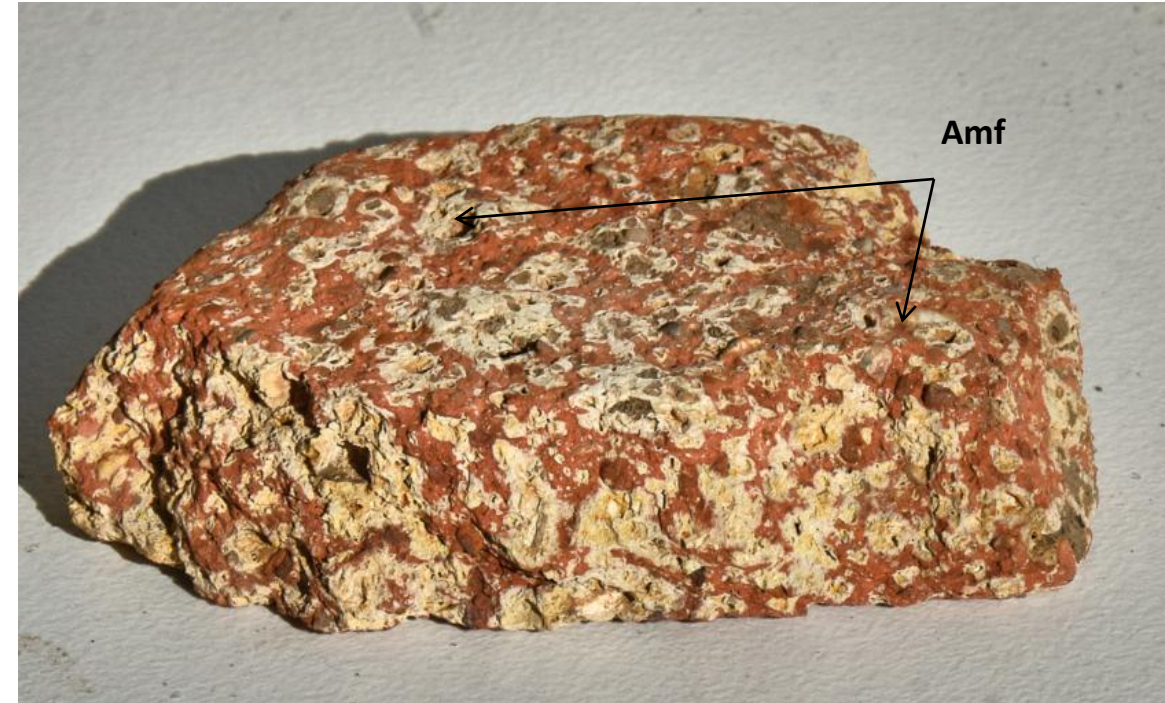
Характер гипергенных изменений различных видов керамики

Фрагмент краснолаковой (?) керамики.
о.Кос (Эгейское море)



Изменения керамики в аридной обстановке
Вторичная поверхностная карбонатизация
(связанная с использованием сосуда???)

Фрагмент коричневоглиняного керамического изделия
Колхидского региона (Абхазия)



Вторичное минералообразование: выщелачивание аллогенного амфибола (?) с образованием вторичных ореолов вокруг пустот, заполненных вторичным карбонатом.
Изменения керамики в кислой среде в субтропическом климате.

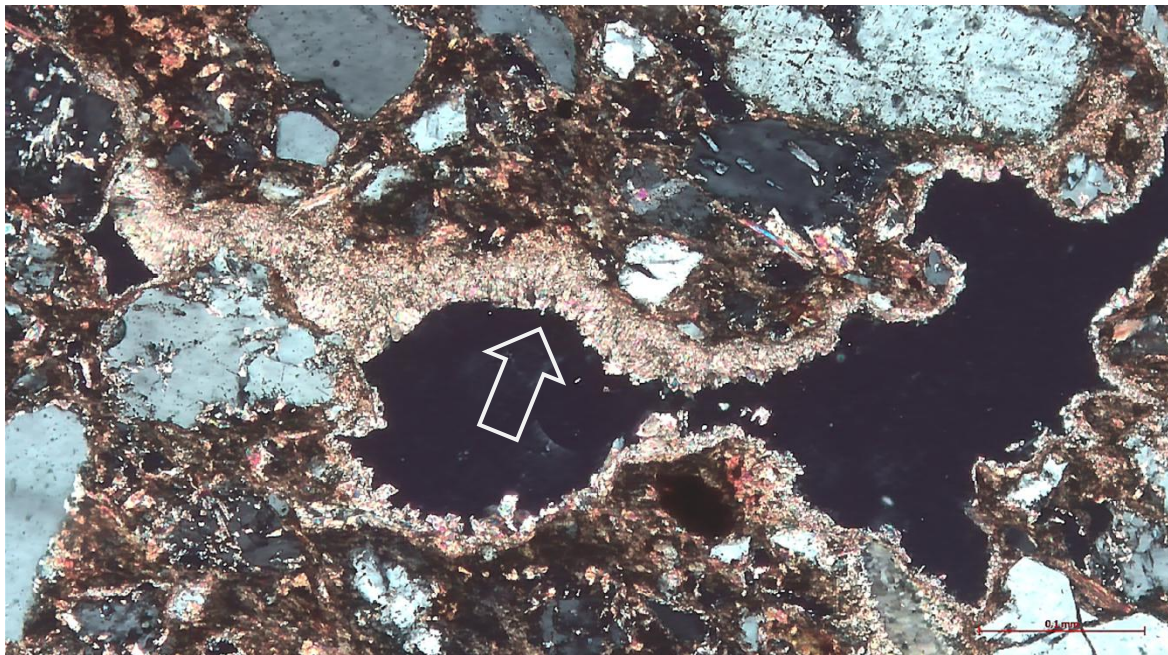
Фото А.Клочко

Пример неолитической керамики

Керамика Кварц-полевошпатовая сильно слюдистая с малым количеством темных минералов (амфибола+биотита)

Признаки использования сосуда

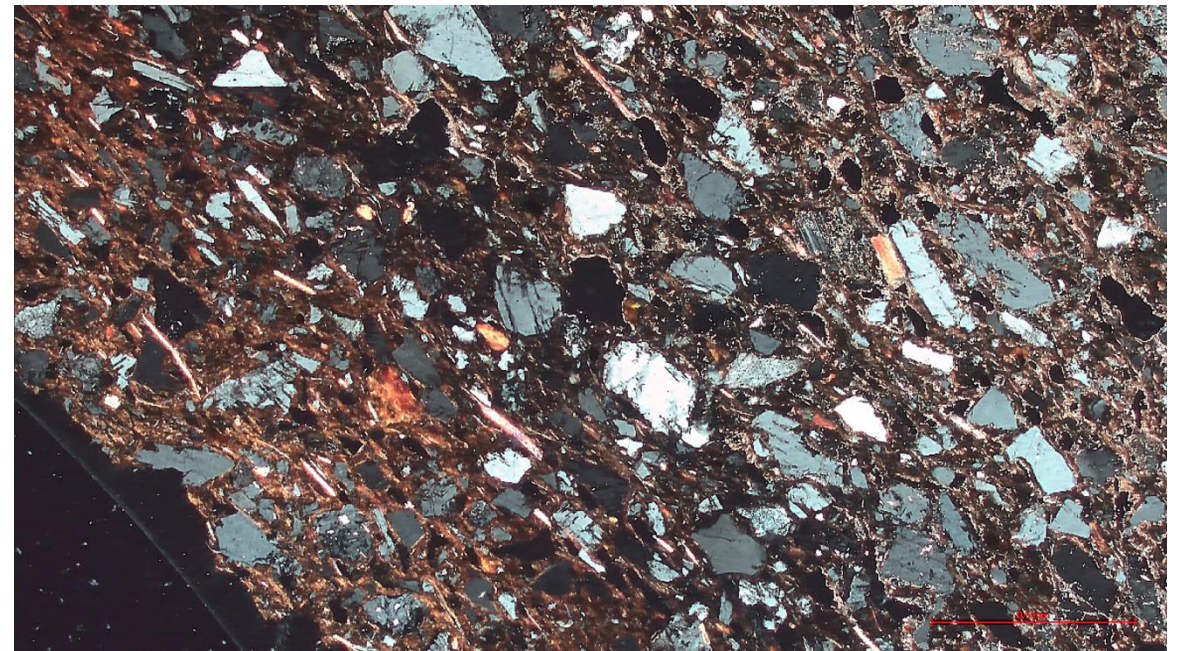
25/11-11



Карбонатный кристификационный цемент в порах – «накись», минеральный осадок из воды при использовании сосуда

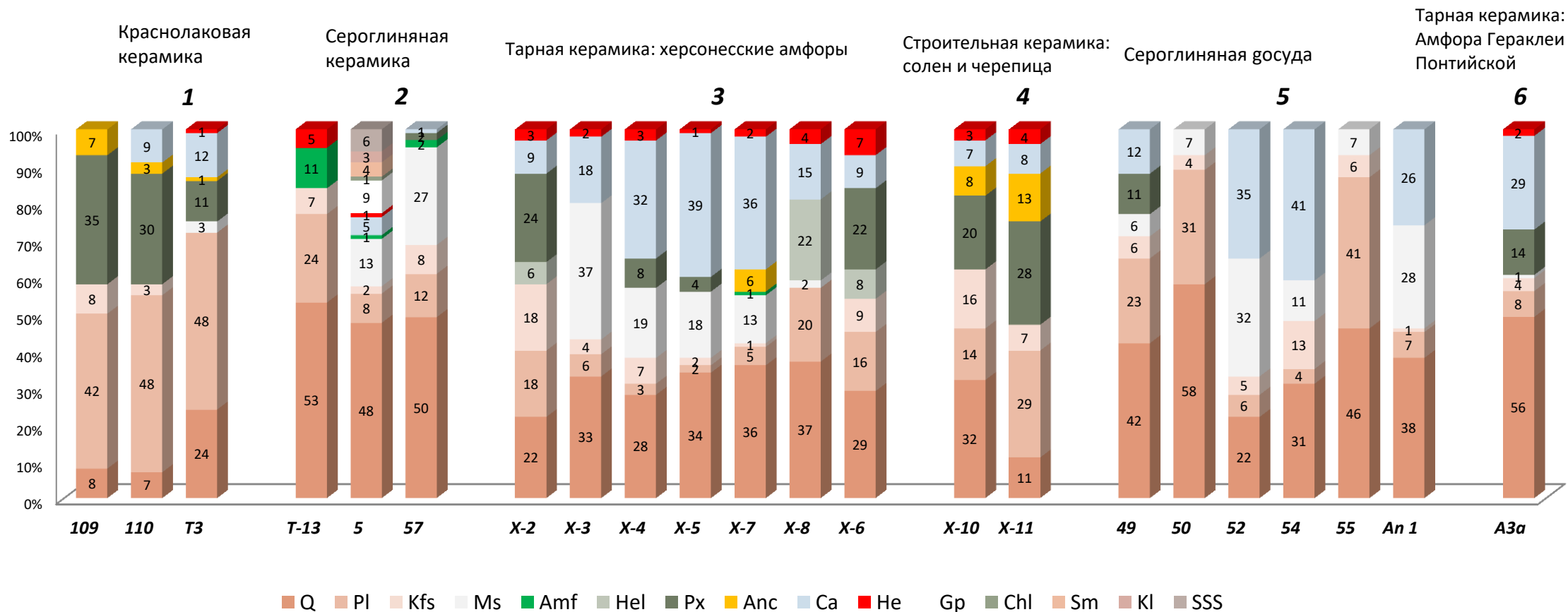
Индикаторы параметров обжига

25/11-11



Отличия в составе матрикса (соотношения окислов железа и слюды мусковита) в краевой и внутренней частях черепка, связанные с различием в температуре обжига

Минеральный состав образцов различных видов керамики одного из производственных центров СВ Причерноморья





Значение системной разработки современного междисциплинарного подхода...

Цель современного междисциплинарного подхода – максимально однозначное сопоставление **«геологическое строение района – четвертичные глинистые отложения – керамические глины – древняя керамика»**.

Применение терминологического аппарата литологии обломочных пород к описанию керамических глин, а минералогических представлений – к описанию состава керамики – **основа для единообразного рассмотрения материала** и накопления информации для методических и региональных обобщений.

Оптимальным по соотношению **информативность - стоимость** представляется сочетание минералогического анализа кристаллической фазы глин и керамики с определением геохимических (элементного состава) характеристик этого материала.



Спасибо за внимание



