

УДК 552

DOI: 10.53737/2713-2021.2022.36.62.004

М.Н. Растегаева

**КЕРАМИЧЕСКАЯ ПЕТРОГРАФИЯ:  
ИСТОРИЯ МЕТОДА И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ\***

Методы петрографии давно и успешно применяются в геологии для описания и классификации горных пород. Во второй половине XIX в. они были заимствованы исследователями для изучения глиняных изделий, с целью определения компонентного состава сырья и минералов, использованных в качестве отощителя, а также для установления степени их изменений в процессе декарбонизации. Кроме того, петрография позволяет изучать органические остатки в составе формовочной массы с целью определения температуры обжига изделия. Со временем данное направление переросло в отдельную дисциплину, получившую название керамической петрографии и ставшей, по сути, археологическим методом изучения артефактов из глины, сочетающим традиционные археологические (визуальный, морфологический, типологический и т.д.) и естественнонаучные приемы характеристики керамики. В статье рассматривается отечественная и зарубежная историография, посвященная петрографическому анализу, преимущественно, обожженных сосудов. Главный акцент делается на исследованиях, затрагивающих основные вехи развития самого метода, а также характеризующих опыт применения при изучении керамики античной эпохи. В статье также затрагиваются проблемы современного состояния керамической петрографии в отечественной науке.

**Ключевые слова:** керамическая петрография, историография, геология, естественнонаучные методы, керамика, античность.

**Сведения об авторе:** Растегаева Мария Николаевна, Институт истории и международных отношений, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского.

**Контактная информация:** 410012, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского; e-mail: marija.rastegaeva1698@gmail.com.

M.N. Rastegaeva

**CERAMIC PETROGRAPHY:  
THE HISTORY OF THE METHOD AND THE CURRENT STATE**

Petrography methods have long been successfully used in geology to describe and classify rocks. In the late half of the 19<sup>th</sup> century, they were borrowed by researchers to study clay products in order to establish the component composition of raw materials and minerals used as a non-plastic additives, as well as to determine the degree of their changes in the process of decarbonization. In addition, petrography makes it possible to study organic residues in the composition of the molding mass in order to determine the firing temperature of the product. Over time, the approach has grown into a separate discipline called ceramic petrography and has become, in fact, an archaeological method of studying clay artifacts, combining traditional archaeological procedures (visual, morphological, typological analyses, etc.) and scientific methods. The article deals with Russian and foreign historiography devoted to the petrographic analysis, mainly of fired vessels. The main emphasis is placed on research that touches on the main milestones of the development of the method itself, as well as characterizing

\* Исследование выполнено за счет проекта РНФ 22-28-00375 «Минералого-петрографические исследования античной тарной керамики эпохи классики и эллинизма».

Статья поступила в номер 22 ноября 2022 г.

Принята к печати 12 декабря 2022 г.

the experience of its application in the study of pottery making in classical antiquity. The article also touches upon the problems of the current state of ceramic petrography in Russian science.

**Key words:** ceramic petrography, historiography, geology, scientific methods, pottery, antiquity.

**About the author:** Rastegaeva Mariya Nikolayevna, Institute of History and International Relations, Saratov State University.

**Contact information:** 410012, Russia, Saratov, 83 Astrakhanskaya Street, Saratov State University; e-mail: marija.rastegaeva1698@gmail.com.

---

### Основные возможности метода

В последние десятилетия методы естественно-научных дисциплин приобрели значительную популярность среди отечественных и зарубежных археологов. Не является исключением и источниковедческое направление археологического знания, особое место в котором занимают керамические изделия. Керамическая тара является наиболее массовым материалом, встречающимся практически на любом археологическом памятнике античной эпохи. Традиционные методы исследования керамики позволяют рассматривать и классифицировать ее по морфологическим признакам — форма и орнаментация, а также исходя из визуальных характеристик глин — цвет, плотность, пористость, наличие либо отсутствие минеральных включений. Однако во многих случаях определение центра производства и хронологии, базирующееся только на внешних признаках, может носить лишь предположительный характер или даже не всегда возможно, поскольку и до сегодняшнего дня значительная часть керамического импорта не может быть уверенно локализована и датирована, особенно в случаях, когда сосуды имеют очень близкие или даже тождественные формы, а различия в формовочной массе не могут быть различимы визуально (Кулькова и др. 2018: 298).

Одним из возможных способов решения этой проблемы сегодня считается керамическая петрография, которая является весьма популярным методом изучения минералов в глиняных изделиях разных эпох. Метод был заимствован из геологии, где используется для описания и классификации горных пород. С помощью него исследователи определяют структуру глинистых материалов, которую анализируют в тонких петрографических срезах (шлифах), используя специальный или поляризационный микроскоп (Кулькова и др. 2018: 298—299).

Именно современные аналитические методы дают возможность установить минеральный и химический составы формовочной массы, выявить технологические приемы изготовления, идентифицировать источники сырья. Эти данные представляются чрезвычайно важными для изучения керамических традиций разных производственных центров, определения сходств и различий между ними. Петрографическое исследование позволяет определить структурные детали глины, которые при применении обычного микроскопа или при простом визуальном анализе могли быть упущены из виду или неправильно интерпретированы. Данный метод, базирующийся на определении морфологических свойств и оптических констант минералов, позволяет определить основные компоненты (минеральный состав) керамики, а так же проследить изменение вещества в процессе обжига. По словам П. Квинна, главная идея таких композиционных исследований керамического материала основана на том, что древние гончары не преодолевали значительных расстояний для того, чтобы получить сырье для производства, а потому изготовление керамики происходило вблизи используемых природных месторождений (Quinn 2013: 119). В перспективе изучение петрографических шлифов

керамических изделий, по словам Дж. Ридерера, может дать три типа информации о формовочной массе и о технологии изготовления керамики (Riederer 2004: 143—158). Во-первых, это данные о минералогическом составе крупнозернистого материала, который значительно отличается в разных производственных центрах. Следовательно, на основании анализов петрографических шлифов можно получить сведения о степени однородности минералогического состава керамической массы, что в дальнейшем должно позволить говорить о происхождении того или иного сырья из одного или разных условных «районов» и «мест добычи». Во-вторых, определение структуры глиняного теста (размерность и количественное соотношение встречающихся в образце минеральных фракций) и его текстуры (размер и форма пор) может дать информацию о технологии приготовления и формовки глины гончарами. В-третьих, с помощью анализа температурного воздействия на минералы можно получить информацию о температуре и продолжительности обжига, что также помогает реконструировать процесс производства древней керамики.

Кроме того, керамическая петрография позволяет определить минералы, которые использовались древними гончарами для приготовления отощителя<sup>1</sup>. Вопрос, который требует ответа, состоит в следующем: гончары для изготовления отощителя использовали строго определенные и различные породы камня или в дело шел любой кристаллический материал? Ответ на этот вопрос позволит установить, можно ли выделить различные традиции в рамках процесса использования отощителя как искусственной примеси. Это возможно определить только при исследовании целой серии образцов сосудов одного производственного центра. Изучение минералогического состава керамических изделий, имеющих разную датировку, даст возможность выяснить, изменялась ли технология подготовки глины на протяжении определенного хронологического промежутка. Указанные преимущества метода и обуславливают его популярность в археологической науке.

Следует отметить, что применение керамической петрографии как способа изучения древней керамики имеет достаточно длительную историю, хотя по сравнению с традиционными типохронологическими исследованиями естественно-научные методы сравнительно недавно стали привлекаться к характеристике керамики. Использование петрографических шлифов в археологических исследованиях было впервые апробировано в конце XIX в. Первые полноценные опыты относятся к 1930—1950-м гг. (Августиник 1956; Кульская 1940; Felis 1942; Shepard 1942), однако началом систематических петрографических исследований древней керамики стоит считать 1960-е гг., когда и в зарубежной, и в отечественной науке были предприняты первые серьезные попытки анализа керамического материала методами геологии (Гражданкина 1965; Круг, Четвериков 1961; Сайко 1965; Peacock 1967; Shepard 1965).

На рубеже 1970—1980-х гг. керамическая петрография из вспомогательного и иллюстрирующего дополнения к археологическим публикациям постепенно превращается в самостоятельный раздел археометрии (Круг 1965; Сайко, Кузнецова 1977; Сайко 1979; Betancourt 1987; Fulford, Peacock 1984). Параллельно с совершенствованием приемов исследовательской процедуры пристальное внимание уделяется фундаментальным аспектам методологии петрографического анализа в археологии (Сайко, Жущиховская 1990; Matson 1965; Nordstrom 1972). В начале XXI в. керамическая петрография, основываясь на достижениях предыдущих лет, ищет все новые способы для обработки и систематизации

---

<sup>1</sup> При использовании высокопластичных глин, для уменьшения усадки в процессе сушки вводят отощающие материалы — отощители. Они уменьшают пластичность, облегчают сушку и повышают прочность. В качестве отощителей применяют как естественные — кварц, кварцевый песок, кремень, так и искусственные, такие как шамот, бой, брак керамических изделий и шлаки.

полученных данных. При этом существенным в вопросе развития керамической петрографии как метода является разделение исследований на зарубежные и отечественные, потому что, как будет показано далее, отличия здесь весьма значительны.

### Зарубежная наука

О возникновении керамической петрографии как метода применительно к зарубежной науке можно говорить, начиная с 1880-х гг. Первые исследования с использованием керамической петрографии появились в 1879 г. в книге Фердинанда Фуке, где автор рассмотрел элементы вулканических пород в керамике с острова Фера (Fouque 1879), однако тогда эпизодически примененный метод не обрел популярность.

Развитие керамической петрографии значительно ускорилось благодаря работам Анны Шепард и Уэйна Фелтса в середине XX в. В первую очередь, этот метод привлек внимание мирового научного сообщества благодаря новаторской работе А. Шепард (Shepard 1936: 389—587). Будучи геологом по специальности, она сделала упор на петрографии как основном методе исследования керамической технологии. Она провела специальное исследование древней керамики из бассейна р. Пекос, притока р. Рио-Гранде (Нью Мехико) (Shepard 1936: 389—587). На основании технологических особенностей изготовления керамики, а именно различий в типах отощителя, которые были определены при петрографическом исследовании, А. Шепард выделила несколько различных типов керамики, а также определила географическое местоположение источников сырья, которое было использовано для ее изготовления. Исследования А. Шепард показали, что большая часть местной керамики содержала нелокальные вулканические породы, что позволило ей сделать вывод о том, что керамика производилась в специализированных мастерских в других местах и импортировалась. Такая точка зрения противоречила общепризнанной тогда научной концепции, согласно которой народы пуэбло считались экономически замкнутыми: несмотря на некоторое типологическое сходство между керамикой из разных районов, исследователи полагали, что сосуды представляли собой исключительно результат местного производства. Предположения А. Шепард долгое время не воспринимались научным сообществом. В частности, в одном из контраргументов утверждалось, что импортировалось сырье для изготовления керамики, а не сами сосуды (Judd 1954). Признанию выводов А. Шепард способствовала разнообразная геология региона — было доказано, что минералогический состав глиняного теста варьировался от места к месту. А. Шепард изложила методику анализа, ввела некоторые критерии технологической классификации и интерпретации данных естественных наук, коснулась вопросов физического моделирования гончарных процессов. Основные методологические замечания нашли отражение в ее монографии «Керамика для археологов» (Shepard 1965), которая уже позже стала своеобразной археологической энциклопедией по технологии изготовления древней керамики.

Вторым крупнейшим исследователем, стоявшим у истоков применения петрографического и иных естественных методов изучения глиняных изделий, был У. Фелтс, который провел петрографический анализ керамики, найденной в Трое (Felts 1942: 237—244). В ходе раскопок сотрудниками университета Цинциннати были отобраны образцы почв и керамики, найденной в исследованных слоях, для проведения петрографического анализа. У. Фелтс, основываясь на особенностях геологии изучаемого региона, предпринял попытку выявить специфику керамического производства в Трое, обозначить отличия минералогического состава местной керамики от импортной, а также попытаться проследить хронологические изменения в составе глиняного теста (Felts 1942: 237). Отметив непреходящую ценность подобных исследований,

У. Фелтс заметил, что для более конструктивных выводов необходим статистический анализ данных, собранных в результате изучения как можно большего числа образцов. Кроме того, автор выразил надежду на то, что аналогичная работа будет проделана в других районах Эгейского моря, после чего можно будет попытаться провести некоторую корреляцию с использованием полученных данных (Felts 1942: 243).

Значительный вклад в развитие керамической петрографии внес Ф.Р. Мэтсон (Matson 1937: 99—124). Он пришел к выводу, что анализ глиняных сосудов с помощью морфологического и стилистического подходов не является достаточным, а потому исследователям необходимо рассматривать не только технологические процессы, но и источники минерального сырья, которые использовались при их производстве. При этом большую роль в изучении источников сырья, из которых были изготовлены изделия, сыграли минеральные включения, применявшиеся в качестве глинистого сырья и отощителя. Теоретические положения работ Ф.Р. Мэтсона легли в основу керамической экологии — научного направления, представляющего собой междисциплинарный подход к изучению древних керамических технологий и рассматривающего влияние окружения на создание керамических материалов — природные, культурные и социальные условия существования гончарных обществ, системы производства, распределения и утилизации посуды.

Керамическая петрография приобретает популярность в Европе в 1960-х гг. в связи с работами Д. Пикока (Peacock 1968: 414—427; 1969: 375—389), который предпринял попытку изучения керамики из Херефордшир-Котсуолдс в западной Англии. Как и А. Шепард, Д. Пикок смог показать преимущества использования керамической петрографии для изучения древней керамики на основе исследований глиняного теста. Рассмотрев минеральный состав отобранных образцов, Д. Пикок выделил две группы, которые были изготовлены из местного материала. Различия же в орнаментации он объяснил тем, что они были изготовлены в разных ремесленных центрах. Кроме того, при изучении римской керамики исследователь обратился к текстурному анализу. В качестве отощителя для ее изготовления был использован песок, что позволило изучить сферичность, окатанность, процентное содержание и размер отдельных кварцевых песчаных зерен. Именно морфологические особенности отдельных кварцевых зерен позволили определить локальные и импортные отощители. И хотя Д. Пикок был не первым исследователем, кто применил текстурный анализ в петрографии, он смог продемонстрировать его ценность для изучения древней керамики.

Дальнейшее применение спектра естественно-научных методов в середине и второй половине XX в. в зарубежной науке связано с именами М.Дж. Эйткина (Эйткин 1963), М.С. Тайта (Tite 1972) и ряда других исследователей (Цетлин 1997: 83—92). Обзор современных естественно-научных методов изучения древней керамики был относительно недавно опубликован М.С. Тайтом (Tite 1999: 181—233). Из обобщающих работ на эту тему следует также отметить монографию П. Райса, которая фактически является энциклопедией сведений о керамике и методах ее изучения (Rice 1987).

С 1970—1980-х гг. анализ петрографических шлифов стал использоваться все чаще, особенно в сочетании с целым рядом химических методов. На рубеже XX—XXI вв. керамическая петрография активно применялась в работах по археологии Британии (Morris, Woodward 2003: 279—303; Vince 2001: 106—118; Vince 2005: 219—245) и античной Греции (Whitbread 1995; Day, Wilson 1998: 350—358; Vaughan 1995: 115—117). Исследования же причерноморского материала в зарубежной науке предпринимались лишь эпизодически<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Синопские амфоры: Jones 1986: 313, 904; Whitbread 1995: 234—244. Причерноморская тара эллинистического и римского времени (в т.ч. гераклеяская): Dyczek 1999: 176, 177, 179, 180, 182, 189.

В этой связи особую значимость имеет работа И.К. Уайтбрета (Whitbread 1995), чьи наблюдения, ориентированные на изучение греческой амфорной тары, представляют собой весьма ценные замечания по методологии керамической петрографии. О петрографическом изучении греческих амфор было написано достаточно много статей, но ранее не было опубликовано ни одной обобщающей книги, отражающей современное состояние знаний по этому вопросу. Потому «Greek Transport Amphorae» этого автора представляет ценность не только для специалистов по классической археологии, но и для любого археолога или геоархеолога, использующего или планирующего использовать методы петрографического анализа. Хронологические рамки его исследования охватывают период с VIII по II вв. до н.э., а географические — греческий мир от Эгейского моря до колоний Северного Причерноморья.

Поскольку остродонные амфоры служили тарой для торговли, в первую очередь, вином и маслом, более глубокое изучение технологии их производства и последующего распространения расширяет археологическое и историческое понимание античной торговли в целом. Как показывает И.К. Уайтбред, некоторые уточнения в вопросе греческого импорта действительно могут быть сделаны на основе петрографического анализа глин из разных центров амфорного производства. Во введении (Whitbread 1995: 1—8) автор формулирует цели своего исследования — продемонстрировать эффективность керамической петрографии как средства для описания и уточнения хронологии и локализации греческих амфор, а также показать ограниченные возможности классификации амфор по морфологии и клеймам. Совокупное изучение археологических и петрографических данных и является одним из самых интересных аспектов книги И.К. Уайтбрета.

В Главе 6 (Whitbread 1995: 347—354) автор кратко излагает результаты своего исследования, выделяя, в частности, те случаи, когда имеющиеся наблюдения будут требовать уточнения в дальнейшем. Одной из возможных проблем, связанных с греческими транспортными амфорами, является небольшое количество образцов глин, использованных для анализа разных типов сосудов. В некоторых случаях выводы основываются на исследовании лишь одного образца. Кроме того, И.К. Уайтбред подчеркивает, что любая попытка петрографического исследования не должна претендовать на абсолютное знание, ведь по мере анализа большего количества образцов становятся доступными новые данные, которые могут внести существенные изменения в первоначальные выводы. Автор также отмечает важность создания стандартизированной методики для петрографического изучения греческой керамики — единого образца для характеристики петрографических шлифов, как указано в Приложении 3 («The collection, processing and interpretation of petrographic data») (Whitbread 1995: 365—396). По мере увеличения базы петрографических сведений археологические и исторические наблюдения относительно античной торговли будут одновременно и подтверждаться, и опровергаться.

Методологические разработки, представленные И.К. Уайтбредом, послужили основой для дальнейших петрографических исследований не только греческой, но и античной керамики в целом. Так, уже в первых десятилетиях XXI в. методы керамической петрографии применяются в работах как археологов (Reedy 2008), так и специалистов в областях естественных наук (Belfiore et al. 2003: 419—436; 2007: 1—33; Vaccì et al. 2006: 11—19). Эти исследования, как правило, опираются на работу И.К. Уайтбрета, хотя очевидно, что технологическое развитие метода является процессом неизбежным. Так, в последние годы в зарубежной науке появляется множество работ, основанных на применении сразу нескольких методов изучения керамики. Как правило, речь идет о совместных петрографических и химических исследованиях, что позволяет точнее и подробнее охарактеризовать рассматриваемые образцы. Показательным в этом отношении является проект по анализу

керамики Южной Италии, в частности Сицилии, предпринятый группой итальянских исследователей ([sites.google.com](https://sites.google.com): 1). Такой синтез методов предоставляет все больше и больше информации о происхождении глиняного сырья, как в случае с минеральным составом вулканических пород, способных отделять керамику, изготовленную с использованием материалов из разных провинций Италии (Barone et al. 2010: 713—726).

Немаловажным этапом в развитии метода являются все чаще предпринимаемые в последние годы попытки создать некоторые учебные и справочные пособия по основам минералогии и керамической петрографии (Folk 1974; MacKenzie, Guilford 1981; MacKenzie, Adams 1994; Adams et al. 1997; Reedy 2008; Quinn 2013; 2022). Кроме того, в зарубежных университетах проводятся специальные учебные курсы, ориентированные на изучение керамической петрографии и геохимии применительно к археологическому материалу (например, Intensive Course on Ceramic Petrography & Geochemistry, [ucl.ac.uk](https://ucl.ac.uk): 1), а также создаются исследовательские группы и школы (например, Archaeomaterials Research Network, Ceramic Petrology Group) что также говорит о поступательном развитии метода.

С появлением информационных технологий и, следовательно, возможности получения цифровых изображений как поляризационной микроскопией проходящего света, так и сканирующей электронной микроскопией, количественное описание текстурных особенностей (включений и пустот) формовочных масс может быть выполнено с помощью цифрового анализа изображений (Reedy 2006: 127—146; Grifa et al. 2013: 810—826; Aprile et al. 2019: 2557—2567). Так, был предпринят ряд попыток использовать программное обеспечение для обработки изображений полученных образцов. Для этого разработаны алгоритмы решения ряда задач, связанных с петрографией, таких как анализ структуры и текстуры минеральных включений (Caro, Giulio 2004: 243—257; Higgins: 2006). Несколько позже был предложен новый подход к обработке фотографий, способный автоматически идентифицировать структурные компоненты керамики с помощью оптической микроскопии. В частности подход, основанный на изображениях под микроскопом, способен автоматически идентифицировать минеральные включения, пустоты и основную массу (Puglisi et al. 2013: 548—551). При этом важно отметить, что полученные результаты сопоставимы с результатами, вычисленными с помощью классических методов анализа шлифов. Кроме того, применение автоматических процедур обработки данных значительно уменьшает время анализа. Однако, обращаясь к подобным приемам обработки петрографических шлифов, важно учитывать, что каждый метод получения изображений может быть подвержен физическим искажениям (Aprile et al. 2019: 2557—2567). Например, на количественное определение включений с помощью микрофотографий со скрещенными поляризациями света будет влиять проблема изменчивости интерференционных цветов минералов, которые зависят от сечения каждого зерна и ориентации оптической индикатрисы относительно поляризованных светов (Maritan 2019: 5087). В таком случае абсолютное количество будет занижено по сравнению с данными, полученными в результате количественной оценки изображений с обратным рассеянием электронов, на которых включения будут иметь специфический серый оттенок (из-за среднего атомного номера) и будут гораздо легче сегментироваться. Эта проблема менее важна, когда определяется распределение включений по размерам зерен, поскольку статистически частица, не обнаруженная на изображениях оптической микроскопии, будет иметь одинаковую вероятность быть маленькой или большой (Maritan 2019: 5087).

Одним из значимых направлений развития керамической петрографии как метода является создание баз данных с возможностью открытого доступа. С помощью различных методов и устройств на протяжении многих лет было создано и обработано огромное

количество археологической информации по керамике. Базы данных содержат большие массивы сведений, которые надо систематизировать для обеспечения возможности полноценного изучения и обмена между исследователями из разных регионов и стран (Öztürk et al. 2015: 227). Наличие ресурса для обмена петрографическими описаниями и микрофотографиями на основе баз данных открытого доступа (например, [opencontext.org](http://opencontext.org): 1) является еще одним важным достижением для керамической петрографии, поскольку ученые теперь могут получить доступ к петрографической информации о керамических материалах из различных мест производства, а также относящихся к разным эпохам (Quinn et al. 2011: 2491—2496). Таким образом, прогресс в области компьютерных и информационных технологий способствовал обмену и распространению данных. Однако такие базы данных зачастую фокусируются лишь на одной из характеристик керамики, например, на подробном описании морфологии, результатах петрографического или химического анализа. Не существует какого-либо единого или хотя бы единообразного порядка оформления подобных информационных сегментов, они продолжают оставаться лишь дополнением к публикуемым результатам исследований, а потому возможная работа с ними затруднена. Кроме того, имеющиеся базы данных практически не взаимодействуют друг с другом, большинство из них существуют в автономном режиме, а другие предоставляют только веб-интерфейс, но не API (Application Programming Interface) (Öztürk et al. 2015: 227).

### Отечественная наука

В отечественной археологии применение петрографического анализа началось именно с изучения античной керамики — материалов из Ольвии (Кульская 1940; Богданова-Березовская, Наумов, Ковнурко 1964), Боспора (Круг 1960; Круг, Четвериков 1961), Херсонеса (Кадеев, Шуменко 1967). Пионером в этой новой для археологической науки области стала статья О.А. Кульской «Химико-технологическое исследование ольвийских керамических изделий» (Кульская 1940). Был проведен химический анализ, а также краткое оптическое исследование фрагментов ольвийской керамики и образцов глин, взятых в Ольвии в геологическом разрезе. Кроме того, из отобранных глин были приготовлены и обожжены керамические массы для установления температуры обжига и восстановления технологического процесса производства в античное время. На основании исследования автором сделаны выводы о том, что изучаемые изделия были изготовлены из местного сырья. Также была произведена классификация керамики по внешнему виду и технологическим свойствам.

Дальнейшие исследования, продолженные уже в 1960-х, связаны с античными сосудами Боспора. О.Ю. Круг в первых работах по изучению античной керамики Причерноморья с применением петрографических анализов выявила три крупных центра производства изделий Боспора — в Пантикапее, Гермонассе и Фанагории, которые пользовались разным сырьем и приемами приготовления глиняной массы. Впервые в отечественной археологии было предпринято столь разностороннее изучение античной керамики и глин — оптическое исследование фрагментов керамики, исследование глин путем термического, гранулометрического, минералогического анализов и анализа методом окрашивания органическими красителями (Круг, Четвериков 1961). Был также рассмотрен ряд методологических вопросов применения оптико-петрографического анализа в изучении древней керамики (Круг 1965). Следует заметить, что часто, особенно в ранних работах, петрографический анализ применялся лишь «для общей характеристики керамики и получения данных», иллюстрирующих те или иные позиции исследователя (Сайко,



Жучиховская 1990: 27). Петрографические методы в то время еще не стали самостоятельным инструментом исследования глиняных изделий. Правда, постепенно О.Ю. Круг отходит от такого подхода. В ее последних работах при обработке данных анализов минерального состава появляются элементы формализации (Круг, Бажанов 1967; Деопик, Круг 1972; Каменецкий, Круг 1993).

Среди немногочисленных работ других авторов наиболее важные результаты содержат исследования В.Н. Корпусовой с соавторами (Корпусова и др. 1982) по определению центров производства керамики на Боспоре, а также А.Н. Щеглова и Н.Б. Селивановой (Щеглов, Селиванова 1992). Последние провели сравнительный анализ 40 образцов от клейменных амфор пяти твердо локализованных центров Причерноморья (Герacleи Понтийской, Синопы, Амастрии, Херсонеса Таврического и Диоскуриады), имеющих узкие хронологические рамки. В ходе этой работы были выявлены аналогии между петрографически выделенными группами керамики разных производственных центров. При этом минеральный состав включений был принят в качестве основного критерия, поскольку именно эта особенность, по мнению авторов, отражает технологическую сторону производства. Размер минеральных включений считался второстепенным показателем и имел значение только тогда, когда он значительно отличался от нормы. В работе получены интересные результаты, однако небольшой объем проанализированной выборки образцов делает выводы недостаточно надежными, что замечают и сами авторы (Щеглов, Селиванова 1992: 49).

В методическом плане следует отметить также работы Э.В. Сайко (Сайко 1966; 1982; Сайко, Жучиховская 1990; Сайко, Кузнецова 1977), С.И. Жучиховской и И.Г. Глушкова (Жучиховская 1982; Глушков 1996; Глушков и др. 1999: 150—166), содержащие ценные замечания по применению естественнонаучных методов исследования керамики и некоторые практические наблюдения. Из чисто иллюстративных естественнонаучных исследований можно упомянуть работы В.И. Кадеева и С.И. Шуменко (Кадеев, Шуменко 1967), а также результаты анализов, опубликованных О.Д. Лордкипанидзе (Лордкипанидзе 1966: 138—139).

На сегодняшний день в отечественной археологии наиболее подробные разработки по керамической петрографии античной керамики представлены в работах С.Ю. Внукова (Внуков 1999: 141—155; 2006). Он провел петрографический анализ большого массива черноморской керамики по единой методике, основанной на работах П. Райса, Э.В. Сайко, Л.В. Кузнецовой и С.И. Жучиховской (Rice 1987; Сайко, Жучиховская 1990; Сайко, Кузнецова 1977). При этом в исследовании, помимо кристаллооптического, применялись и некоторые другие методы естественных наук (элементный анализ, электронная микроскопия, микропробоанализ и др.). Всего С.Ю. Внуковым было изучено 272 образца, отобранных с причерноморских амфор римского времени (I в. до н.э. — II в. н.э., светлоглиняных, синопских и коричневоглиняных); кроме того, для сравнительного анализа в выборку были включены образцы керамики двух других важнейших центров — Херсонеса (IV в. до н.э. — I в. н.э.) и Боспора (IV в. до н.э. — III н.э.) (Внуков 2006). Анализ позволил выделить три петрографических категории и семь достаточно представительных петрографических групп, которые соответствуют пяти черноморским центрам производства керамики: Гераклею, Херсонесу (по две группы), Синопе, Колхиде и Боспору (Внуков 2006: 47). К сожалению, после выхода монографии С.Ю. Внуков к вопросам петрографии больше не возвращался.

Последняя из вышедших на эту тему работ посвящена попытке анализа керамики из Нимфея (Кулькова и др. 2018: 297—304). Для этого, как следует из текста статьи, были рассмотрены два крупных фрагмента одного кувшина. Однако приведенные сведения о минеральном составе глины, использовавшейся для изготовления кувшинов из Нимфея, лишены всякой аналитики и используются лишь для иллюстрации метода.

Из вышесказанного следует, что спорадическое использование керамической петрографии как метода изучения античной керамики в отечественных исследованиях фактически остановилось в 2000-х гг. И сегодня метод по существу продолжает привлекаться лишь в качестве иллюстрации и дополнения к традиционным способам рассмотрения керамического материала.

Зачастую в работах, где делается попытка использовать петрографический метод, авторы ограничиваются лишь описанием даже при определении породы в шлифах профессиональными петрографами. Не указываются возможные источники сырья, а геологическая обстановка в предполагаемых регионах производства зачастую понимается лишь в хронологических границах. Кроме того, многие имеющиеся исследования по античным керамическим изделиям содержат фотографии петрографических срезов и шлифов, где большая их часть относится к сильно фрагментированным сосудам, что затрудняет восстановление их полной формы, а соответственно и определение хронологического периода и центра производства. Порой авторы ограничиваются лишь фотографией фрагмента, не приводя его чертеж. В некоторых случаях изображение и вовсе отсутствует, что делает невозможным его идентификацию (или проверку предлагаемой автором идентификации) и, по сути, сводит результаты проведенных исследований к нулю. Несмотря на относительную простоту и доступность метода, керамическая петрография в современной отечественной археологии не пользуется особой популярностью, соответственно единый подход к проведению подобных исследований просто отсутствует. Потому в большинстве случаев проводимые сегодня петрографические анализы античной керамики носят бессистемный или даже случайный характер, а о возможной систематизации результатов говорить не приходится. Отсутствие специалистов среди археологов и слабая заинтересованность «естественников» привели к тому, что до сих пор не обобщены методические приемы проведения отдельных анализов (Молодин, Мыльникова 2015: 123).

### Заключение

Таковы в общих чертах тенденции развития керамической петрографии как метода в России и за рубежом. С момента проведения первых петрографических исследований, археологами отмечалось, что для более конструктивных и обстоятельных выводов необходима большая выборка образцов для каждого исследуемого региона. При этом, как заметил И.К. Уайтбред, любая попытка петрографического исследования не может претендовать на абсолютное знание, ведь по мере анализа большего количества образцов становятся доступными новые данные, которые могут внести существенные изменения в первоначальные выводы (Whitbread 1995: 365—396). Кроме того, не раз указывалось, что реконструкция реалий античной торговли может быть возможна только при совокупном изучении регионов ее распространения, после чего можно будет пытаться провести некоторую корреляцию с использованием полученных данных (Felts 1942: 243). Еще одна сложность заключается в отсутствии какой бы то ни было устоявшейся методики петрографического исследования керамики, будь то изготовление самих шлифов, порядок их описания или публикации полученных результатов.

Керамическая петрография является самым старым методом естественных наук, используемым для анализа археологической керамики. И, хотя метод может быть применен сам по себе в качестве способа изучения минерального состава и технологии изготовления керамики, в последние годы наблюдается тенденция к проведению комплексных исследований, когда петрографические анализы проводятся в сочетании с традиционным микроскопическим

исследованием керамики и другими аналитическими методами, такими как геохимия, SEM и XRD, в рамках так называемого «интегрированного» подхода (Quinn 2022: 16).

Технологическое развитие метода и очевидное увеличение объемов получаемой информации привело к тому, что был предпринят ряд попыток исследования петрографических шлифов с помощью автоматических методов анализа структуры и текстуры минеральных включений (Caro, Giulio 2004: 243—257; Higgins 2006). Однако использование программного обеспечения для обработки изображений образцов все еще остается на этапе эксперимента, т.к. не показало безоговорочную точность получаемых данных.

Еще одной особенностью развития керамической петрографии на сегодняшний день является наметившееся стремление к взаимодействию исследователей из разных регионов. Это проявляется и в попытках создания баз данных с возможностью открытого доступа, которые могли бы предоставить возможность для полноценного изучения и обмена данными, и в появлении первых справочных материалов и учебных курсов по основам минералогии и керамической петрографии. Все перечисленное, однако, действительно для зарубежной науки. В отечественной археологии петрографические исследования продолжают, по большому счету, оставаться лишь иллюстративной частью и не приводят к каким бы то ни было самостоятельным и значительным выводам. Но, вероятно, дальнейшие исследования смогут изменить текущее состояние керамической петрографии.

### Литература

- Августиник А.И. 1956. К вопросу о методике исследования древней керамики. *КСИИМК* 64, 149—156.
- Богданова-Березовская И.В., Наумов Д.В., Ковнурко Г.М. 1964. Химико-петрографическое исследование черепиц из Ольвии. В: Гайдукевич В.Ф. (ред.). *Ольвия. Теменос и агора*. Москва; Ленинград: Наука, 314—320.
- Внуков С.Ю. 1999. Задачи и проблемы петрографического изучения древней керамики. В: Бобринский А.А. (ред.). *Актуальные проблемы изучения древнего гончарства*. Самара: СамГПУ, 141—155.
- Внуков С.Ю. 2006. *Причерноморские амфоры I в. до н.э. — II в. н.э. Ч. II. Петрография, хронология, проблемы торговли*. Санкт-Петербург: Алетейя.
- Глушков И.Г. 1996. *Керамика как исторический источник*. Новосибирск: Институт археологии и этнографии СО РАН.
- Глушков и др. 1999: Глушков И.Г., Гребенщиков А.В., Жущиховская И.С. 1999. Петрография археологической керамики: проблемы возможности перспективы. В: Бобринский А.А. (ред.). *Актуальные проблемы изучения древнего гончарства*. Самара: СамГПУ, 150—166.
- Гражданкина Н.С. 1965. Методика химико-технологического исследования древней керамики. В: Колчин Б.А. (ред.). *Археология и естественные науки*. Москва: Наука, 152—160.
- Деолик Д.В., Круг О.Ю. 1972. Эволюция узкогорлых светлоглиняных амфор с профилированными ручками. *СА* 3, 100—115.
- Жучиховская И.С. 1982. Петрографические и спектрохимические исследования древней керамики Приморья. В: Станюкович А.К. (отв. ред.). *Естественные науки и археология в изучении древних производств*. Москва: Наука, 99—106.
- Кадеев В.И., Шуменко С.И. 1967. Некоторые результаты петрографических исследований античной керамики из Херсонеса. *ЗОО* 2 (35), 271—276.
- Каменецкий И.С., Круг О.Ю. 1993. Глина краснолаковых сосудов. В: Каменецкий И.С. (ред.). *Городища донских меотов. Вопросы датировки*. Москва: Авто, 27—38.
- Корпусова и др. 1982: Корпусова В.Н., Горлацкий В.Н., Орлова Л.А., Литовченко Е.И. 1982. Опыт выявления центров производства керамики по литолого-геохимическим характеристикам гончарной массы. В: Генинг В.Ф. (отв. ред.). *Методологические и методические вопросы археологии*. Киев: Наукова думка, 187—213.
- Круг О.Ю. 1960. Оптическое исследование боспорской керамики. В: Зеест И.Б. *Керамическая тара Боспора*. Москва: АН СССР, 128—132.

- Круг О.Ю. 1965. Применение петрографии в археологии. В: Колчин Б.А. (ред.). *Археология и естественные науки*. Москва: Наука, 146—151.
- Круг О.Ю., Бажанов Э. 1967. Классификация и хронология светлоглиняных амфор II—IV вв. *СА* 1, 52—59.
- Круг О.Ю., Четвериков С.Д. 1961. Опыт применения петрографических методов к изучению керамики Боспорского царства. *СА* 3, 34—44.
- Кулькова и др. 2018: Кулькова М.А., Смекалова Т.Н., Федосеев Н.Ф. 2018. Петрографические методы исследования античной керамики. Обзор исследований и некоторые результаты. В: Зуев В.Ю., Хршановский В.А. (ред.). *Боспорский феномен. Общее и особенное в историко-культурном пространстве античного мира. Материалы международной конференции*. Ч. 2. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 297—304.
- Кульская О.А. 1940. Химико-технологические исследования ольвийских керамических изделий. *Ольвия* 1, 171—185.
- Лордкипанидзе О.Д. 1966. *Античный мир и древняя Колхида (к истории торгово-экономических и культурных взаимоотношений VI—II вв. до н.э.)*. Тбилиси: Тбилисский университет, 138—139 (на грузинском).
- Молодин В.И., Мыльникова Л.Н. 2015. Теория и практика исследования древнейшей керамики: традиционные и новейшие методы. *Самарский научный вестник* 3 (12), 122—127.
- Сайко Э.В. 1965. Технология керамики средневековых мастеров. В: Колчин Б.А. (ред.). *Археология и естественные науки*. Москва: Наука, 161—166.
- Сайко Э.В. 1966. *История технологии керамического ремесла Средней Азии VIII—XII вв.* Душанбе: Академия наук Таджикской ССР.
- Сайко Э.В. 1982. *Техника и технология керамического производства Средней Азии в историческом развитии*. Москва: Наука.
- Сайко Э.В., Жущиховская И.С. 1990. *Методы микроскопии в исследовании древней керамики*. Владивосток: ДВО АН СССР.
- Сайко Э.В., Кузнецова Л.В. 1977. *Методологические основы исследования древней керамики*. Москва: Информационный центр по проблемам культуры и искусства.
- Цеглин Ю.Б. 1997. Основные направления изучения технологии древней керамики за рубежом. *РА* 3, 83—92.
- Щеглов А.Н., Селиванова Н.Б. 1992. Оптико-петрографическое исследование причерноморских клейменных амфор IV—III вв. до н.э. В: Кац В.И., Монахов С.Ю. (ред.). *Греческие амфоры*. Саратов: Саратовский университет, 32—67.
- Эйткин М.Дж. 1963. *Физика и археология*. Москва: Иностранная литература.
- Adams et al. 1997: Adams A.E., MacKenzie W.S., Guilford C. 1997. *Atlas of Sedimentary Rocks under the Microscope*. New York: Wiley.
- Aprile et al. 2019: Aprile A., Castellano G., Eramo G. 2019. Classification of mineral inclusions in ancient ceramics: comparing different modal analysis strategies. *Archaeol Anthropol Sci* 11, 2557—2567.
- Vacci et al. 2006: Vacci G.M., Barone G., Mastelloni M.A., Mazzoleni P., Mondio G., Pezzino A., Serafino T., Triscari M. 2006. Mineralogical, Petrographic, and Chemical analyses on small perfume vases found in Messina and dated to VII century B.C. *Mediterranean archaeology & archaeometry* 6, 11—19.
- Barone et al. 2010: Barone G., Belfiore C.M., Mazzoleni P., Pezzino A., Viccaro M. 2010. A volcanic inclusions based approach for provenance studies of archaeological ceramics: application to pottery from southern Italy. *Journal of Archaeological Science* 37, 713—726.
- Belfiore et al. 2003: Belfiore C., Day P.M., Kilikoglou V., La Rosa V., Mazzoleni P., Pezzino A. 2003. Mineralogical, petrographical and geochemical characterization of pottery production of the late minoan i kiln at Haghia Triada (Crete): preliminary data. *Crete antica* 4, 419—436.
- Betancourt Ph.P. 1987. *East Cretan white-on-dark ware*. Philadelphia: University of Pennsylvania.
- Caro F., Giulio A.D. 2004. Reliability of textural analysis of ancient plasters and mortars through automated image analysis. *Materials Characterization* 53, 243—257.
- Carozzi A.V. 1993. *Sedimentary Petrography*. New York: Prentice Hall.
- Day P.M., Wilson D.E. 1998. Consuming power: Kamares Ware in Protopalatial Knossos. *Antiquity* 72, 350—358.
- Dyczek P. 1999. *Amfory rzymskie z obszaru dolnego Dunaju*. Warszawa: Instytut Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego.
- Felts W.M. 1942. A petrographic examination of potsherds from Ancient Troy. *AJA* 46 (2), 237—244.
- Folk R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin: Hemphill Publishing.
- Fouque F. 1998. *Santorini and its eruptions*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

- Fulford H.G., Peacock D.P.S. 1984. The Avenue Pudent Habib Bourguiba, Salambo. The Pottery and Other Ceramic Objects from the Site. *Excavations of Carthago* 1.2.
- Grifa et al. 2013: Grifa C., De Bonis A., Langella A., Mercurio M., Soricelli G., Morra V. 2013. A late Roman ceramic production from Pompeii. *Archaeol Anthropol Sci* 40, 810—826.
- Higgins M.D. 2006. *Quantitative Textural Measurements in Igneous and Metamorphic Petrology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jones R.E. 1986. Greek and Cypriot pottery. A review of scientific studies. *Fitch Laboratory occasional paper* 1, 313.
- Judd N.M. 1954. The Material Culture of Pueblo Bonito. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 124, Washington: Smithsonian Institution.
- MacKenzie W.S., Adams A.E. 1994. *A Colour Atlas of Rocks and Minerals in Thin Section*. London: Manson Publishing.
- MacKenzie W.S., Guilford C. 1981. *Atlas of Rock-Forming Minerals in Thin Section*. Essex: Longman.
- Maritan L. 2019. Archaeo-ceramic 2.0: investigating ancient ceramics using modern technological approaches. *Archaeol Anthropol Sci* 11, 5087—5089.
- Matson F.R. 1937. Pottery. In: Greenman E.F. (ed.). *The Young site: An Archaeological record from Michigan*. Ann Arbor: University of Michigan Museum of Anthropology, 99—124.
- Matson F.R. 1965. Ceramic ecology: an approach to the study of the early cultures of the Near East. In: Matson F.R. (ed.). *Ceramic and man*. Chicago: Aldine, 202—217.
- Morris E., Woodward A. 2003. Ceramic petrology and prehistoric pottery in the UK. *Proceedings of the prehistoric society* 69, 279—303.
- opencontext.org: 1: ProjectChina Ceramic Petrography Database. URL: <http://opencontext.org/projects/2c5addea-41d5-4941-b2bd-672bc1e60448> (дата обращения 01.11.2022).
- Öztürk et al. 2015: Öztürk A., Eyango L., Waksman S., Lallich S., Darmont J. 2015. Warehousing Complex Archaeological Objects. In: Christiansen H., Stojanovic I., Papadopoulos G. (eds.). *Modeling and Using Context. CONTEXT 2015. Lecture Notes in Computer Science* 9405, 226—239.
- Peacock D.P.S. 1967. The heavy mineral analysis of pottery: a preliminary report. *Archaeometry* 10.
- Peacock D.P.S. 1968. A Petrological Study of Certain Iron Age Pottery from Western England. *Proceedings of the Prehistoric Society* 34, 414—427.
- Peacock D.P.S. 1969. The scientific analysis of ancient ceramics: a review. *World Archaeology* 1, 375—389.
- Peacock D.P.S. 1982. *Pottery of the Roman world: an ethnoarchaeological approach*. London: Longman.
- Puglisi et al. 2013: Puglisi G., Stanco F., Barone G., Mazzoleni P. 2013. Automatic petrographic feature extraction from pottery of archaeological interest. *8<sup>th</sup> International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*, 548—551.
- Quinn et al. 2011: Quinn P.S., Rout D., Stringer L., Alexander T., Armstrong A., Olmstead S. 2011. Petrodatabase: an on-line database for thin section ceramic petrography. *Archaeol Anthropol Sci* 38, 2491—2496.
- Quinn P.S. 2013. *Ceramic Petrography: The Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in Thin Section*. Oxford: Archaeopress.
- Quinn P.S. 2022. *Thin section petrography geochemistry and scanning electron microscopy of archaeological ceramics*. Oxford: Archaeopress.
- Reedy C.L. 2006. Review of digital image analysis of petrographic thin sections in conservation research. *Journal of the American Institute for Conservation* 45, 127—146.
- Reedy C.L. 2008. *Thin-Section Petrography of Stone and Ceramic Cultural Material*. London: Archetype Publication.
- Rice P. 1987. *Pottery analysis. A sourcebook*. Chicago: University of Chicago Press.
- Riederer J. 2004. Thin Section Microscopy Applied to the Study of Archaeological Ceramics. *Hyperfine Interactions* 154, 143—158.
- Shepard A.O. 1936. Technology of Pecos Pottery. *The Pottery of Pecos: Papers of the Phillips Academy Southwestern Expedition* 2, 389—587.
- Shepard A.O. 1942. *Rio Grande glaze paint ware, a study illustrating the place of ceramic technological analysis in archaeological research*. Washington: Carnegie Institution of Washington.
- Shepard A.O. 1965. *Ceramics for the archaeologist*. Washington: Carnegie Institution of Washington.
- sites.google.com: 1: Archaeometry of Sicilian Pottery. URL: <https://sites.google.com/site/archaeometrypottery/> (дата обращения 01.11.2022).
- Tite M.S. 1972. *Methods of physical examination in archaeology*. London: Seminar Press.

- Tite M.S. 1999. Pottery Production, Distribution, and Consumption — The Contribution of the Physical Science. *Journal of Archaeological Method and Theory* 6 (3), 181—233.
- ucl.ac.uk: 1: Intensive Course on Ceramic Petrography & Geochemistry. URL: <https://www.ucl.ac.uk/archaeology/study/intensive-short-courses/intensive-course-ceramic-petrography-geochemistry> (дата обращения 01.11.2022).
- Vaughan S.J. 1995. Ceramic petrology and Petrology in the Aegean. *AJA* 99, 115—117.
- Vince A. 2001. Ceramic petrology and post-medieval pottery. *Post-Medieval Archaeology* 35, 106—118.
- Vince A. 2005. Ceramic petrology and the study of Anglo-Saxon and Later Medieval ceramics. *Medieval archaeology* 49, 219—245.
- Whitbread I.K. 1995. Greek Transport Amphorae. A Petrological and Archaeological Study. *Fitch Laboratory Occasional Papers* 4.

## References

- Avgustinik, A.I. 1956. In *Kratkie soobshcheniya Instituta istorii material'noy kul'tury (Brief reports of the Institute of the History of Material Culture)* 64, 149—156 (in Russian).
- Bogdanova-Berezovskaya, I.V., Naumov, D.V., Kovnurko, G.M. 1964. In: Gaydukevich, V.F. (ed.). *Ol'viya. Temenos i agora (Olbia. Temenos and Agora)*, 314—320 (in Russian).
- Vnukov, S.Yu. 1999. In: Bobrinskiy, A.A. (ed.). *Aktual'nye problemy izucheniya drevnego goncharstva (Actual problems of studying ancient pottery)*. Samara: SamGPU, 141—155 (in Russian).
- Vnukov, S.Yu. 2006. *Prichernomorskie amfory I v. do n.e. — II v. n.e. (Black Sea amphorae of the 1<sup>st</sup> century BCE — 2<sup>nd</sup> century CE)*. Pt. II. *Petrografiya, khronologiya, problemy trgovli (Petrography, chronology, problems of trade)*. Saint Petersburg: Aleteyya (in Russian).
- Glushkov, I.G. 1996. *Keramika kak istoricheskiy istochnik (Ceramics as a historical source)*. Novosibirsk: Institut arkheologii i etnografii SO RAN (in Russian).
- Glushkov et al. 1999: Glushkov, I.G., Grebenshchikov, A.V., Zhushchikhovskaya, I.S. 1999. In: Bobrinskiy, A.A. (ed.). *Aktual'nye problemy izucheniya drevnego goncharstva (Actual problems of studying ancient pottery)*. Samara: SamGPU, 150—166.
- Grazhdankina, N.S. 1965. In: Kolchin, B.A. (ed.). *Arkheologiya i estestvennyye nauki (Archaeology and natural sciences)*. Moscow: Nauka, 152—160 (in Russian).
- Deopik, D.V., Krug, O.Yu. 1972. In *Sovetskaya arkheologiya (Soviet Archaeology)* 3, 100—115 (in Russian).
- Zhuchikhovskaya, I.S. 1982. In Stanyukovich, A.K. (ed.). *Estestvennyye nauki i arkheologiya v izuchenii drevnikh proizvodstv (Natural sciences and archeology in the study of ancient industries)*. Moscow: Nauka, 99—106 (in Russian).
- Kadeev, V.I., Shumenko, S.I. 1967. In *Zapiski Odesskogo arkheologicheskogo obshchestva (Notes of the Odessa Archaeological Society)* 2 (35), 271—276 (in Russian).
- Kamenetskiy, I.S., Krug, O.Yu. 1993. In: Kamenetskiy, I.S. (ed.). *Gorodishcha donskikh meotov. Voprosy datirovki (Settlements of the Don Meotians. Dating issues)*. Moscow: Avto, 27—38 (in Russian).
- Korpusova et al. 1982: Korpusova, V.N., Gorlatskiy, V.N., Orlova, L.A., Litovchenko, E.I. 1982. In: Gening, V.F. (ed.). *Metodologicheskie i metodicheskie voprosy arkheologii (Methodological and methodological issues of archaeology)*. Kyiv: Naukova dumka, 187—213 (in Russian).
- Krug, O.Yu. 1960. In: Zeest, I.B. *Keramicheskaya tara Bospora (Ceramic containers of Bosporus)*. Moscow: AN SSSR, 128—132 (in Russian).
- Krug, O.Yu. 1965. In: Kolchin, B.A. (ed.). *Arkheologiya i estestvennyye nauki (Archaeology and natural sciences)*. Moscow: Nauka, 146—151 (in Russian).
- Krug, O.Yu., Bazhanov, E. 1967. In *Sovetskaya arkheologiya (Soviet Archaeology)* 1, 52—59 (in Russian).
- Krug, O.Yu., Chetverikov, S.D. 1961. In *Sovetskaya arkheologiya (Soviet Archaeology)* 3, 34—44 (in Russian).
- Kul'kova et al. 2018: Kul'kova, M.A., Smekalova, T.N., Fedoseev, N.F. 2018. In: Zuev, V.Yu., Khrshanovskiy, V.A. (eds.). *Bosporskiy fenomen. Obshcheye i osobennoye v istoriko-kul'turnom prostranstve antichnogo mira. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii (Bosporan phenomenon. General and special in the historical and cultural space of the ancient world. Materials of the international conference)*. Pt. 2. Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet promyshlennykh tekhnologiy i dizayna, 297—304 (in Russian).
- Kul'skaya, O.A. 1940. In *Ol'viya (Olbia)* 1, 171—185 (in Russian).

- Lordkipanidze, O.D. 1966. *Antichnyy mir i drevnyaya Kolkhida (k istorii torgovo-ekonomicheskikh i kul'turnykh vzaimootnosheniy VI—II vv. do n.e.) (The Ancient world and ancient Colchis (on the history of trade, economic and cultural relations of the 6<sup>th</sup> — 2<sup>nd</sup> centuries BCE))*. Tbilisi: Tbilisskiy universitet, 138—139 (in Georgian).
- Molodin, V.I., Myl'nikova, L.N. 2015. In *Samarskiy nauchnyy vestnik (Samara Scientific Bulletin)* 3 (12), 122—127 (in Russian).
- Sayko, E.V. 1965. In: Kolchin, B.A. (ed.). *Arkheologiya i estestvennye nauki (Archaeology and natural sciences)*. Moscow: Nauka, 161—166 (in Russian).
- Sayko, E.V. 1966. *Istoriya tekhnologii keramicheskogo remesla Sredney Azii VIII—XII vv. (History of technology of ceramic craft of Central Asia 8<sup>th</sup> — 12<sup>th</sup> centuries)*. Dushanbe: Akademiya nauk Tadzhikskoy SSR (in Russian).
- Sayko, E.V. 1982. *Tekhnika i tekhnologiya keramicheskogo proizvodstva Sredney Azii v istoricheskom razviti (Technique and technology of ceramic production in Central Asia in historical development)*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Sayko, E.V., Zhushchikhovskaya, I.S. 1990. *Metody mikroskopii v issledovanii drevney keramiki (Microscopy methods in the study of ancient ceramics)*. Vladivostok: DVO AN SSSR (in Russian).
- Sayko, E.V., Kuznetsova, L.V. 1977. *Metodologicheskie osnovy issledovaniya drevney keramiki (Methodological basics of the study of ancient ceramics)*. Moscow: Informatsionnyy tsentr po problemam kul'tury i iskusstva (in Russian).
- Tsetlin, Yu.B. 1997. In *Rossiyskaya arkheologiya (Russian archaeology)* 3, 83—92 (in Russian).
- Shcheglov, A.N., Selivanova, N.B. 1992. In: Kats, V.I., Monakhov, S.Yu. (eds.). *Grecheskie amfory (Greek amphorae)*. Saratov: Saratovskiy universitet, 32—67 (in Russian).
- Etkin, M.Dzh. 1963. *Fizika i arkheologiya (Physics and archaeology)*. Moscow: Inostrannaya literatura (in Russian).
- Adams et al. 1997: Adams, A.E., MacKenzie, W.S., Guilford, C. 1997. *Atlas of Sedimentary Rocks under the Microscope*. New York: Wiley.
- Aprile et al. 2019: Aprile, A., Castellano, G., Eramo, G. 2019. Classification of mineral inclusions in ancient ceramics: comparing different modal analysis strategies. *Archaeol Anthropol Sci* 11, 2557—2567.
- Bacci et al. 2006: Bacci, G.M., Barone, G., Mastelloni, M.A., Mazzoleni, P., Mondio, G., Pezzino, A., Serafino, T., Triscari, M. 2006. Mineralogical, Petrographic, and Chemical analyses on small perfume vases found in Messina and dated to VII century B.C. *Mediterranean archaeology & archaeometry* 6, 11—19.
- Barone et al. 2010: Barone, G., Belfiore, C.M., Mazzoleni, P., Pezzino, A., Viccaro, M. 2010. A volcanic inclusions based approach for provenance studies of archaeological ceramics: application to pottery from southern Italy. *Journal of Archaeological Science* 37, 713—726.
- Belfiore et al. 2003: Belfiore, C., Day, P.M., Kilikoglou, V., La Rosa, V., Mazzoleni, P., Pezzino, A. 2003. Mineralogical, petrographical and geochemical characterization of pottery production of the late minoan i kiln at Haghia Triada (Crete): preliminary data. *Crete antica* 4, 419—436.
- Betancourt, Ph.P. 1987. *East Cretan white-on-dark ware*. Philadelphia: University of Pennsylvania.
- Caro, F., Giulio, A.D. 2004. Reliability of textural analysis of ancient plasters and mortars through automated image analysis. *Materials Characterization* 53, 243—257.
- Carozzi, A.V. 1993. *Sedimentary Petrography*. New York: Prentice Hall.
- Day, P.M., Wilson, D.E. 1998. Consuming power: Kamares Ware in Protopalatial Knossos. *Antiquity* 72, 350—358.
- Dyczek, P. 1999. *Amfory rzymskie z obszaru dolnego Dunaju*. Warszawa: Instytut Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego.
- Felts, W.M. 1942. A petrographic examination of potsherds from Ancient Troy. *AJA* 46 (2), 237—244.
- Folk, R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin: Hemphill Publishing.
- Fouque, F. 1998. *Santorini and its eruptions*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Fulford, H.G., Peacock, D.P.S. 1984. The Avenue Pudent Habib Bourguiba, Salambo. The Pottery and Other Ceramic Objects from the Site. *Excavations of Carthago* 1.2.
- Grifa et al. 2013: Grifa, C., De Bonis, A., Langella, A., Mercurio, M., Soricelli, G., Morra, V. 2013. A late Roman ceramic production from Pompeii. *Archaeol Anthropol Sci* 40, 810—826.
- Higgins, M.D. 2006. *Quantitative Textural Measurements in Igneous and Metamorphic Petrology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jones, R.E. 1986. Greek and Cypriot pottery. A review of scientific studies. *Fitch Laboratory occasional paper* 1, 313.
- Judd, N.M. 1954. The Material Culture of Pueblo Bonito. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 124, Washington: Smithsonian Institution.

- MacKenzie, W.S., Adams, A.E. 1994. *A Colour Atlas of Rocks and Minerals in Thin Section*. London: Manson Publishing.
- MacKenzie, W.S., Guilford, C. 1981. *Atlas of Rock-Forming Minerals in Thin Section*. Essex: Longman.
- Maritan, L. 2019. Archaeo-ceramic 2.0: investigating ancient ceramics using modern technological approaches. *Archaeol Anthropol Sci* 11, 5087—5089.
- Matson, F.R. 1937. Pottery. In: Greenman, E.F. (ed.). *The Young site: An Archaeological record from Michigan*. Ann Arbor: University of Michigan Museum of Anthropology, 99—124.
- Matson, F.R. 1965. Ceramic ecology: an approach to the study of the early cultures of the Near East. In: Matson, F.R. (ed.). *Ceramic and man*. Chicago: Aldine, 202—217.
- Morris, E., Woodward, A. 2003. Ceramic petrology and prehistoric pottery in the UK. *Proceedings of the prehistoric society* 69, 279—303.
- opencontext.org: 1: ProjectChina Ceramic Petrography Database. Available at: <http://opencontext.org/projects/2c5addea-41d5-4941-b2bd-672bc1e60448> (accessed 01.11.2022).
- Öztürk et al. 2015: Öztürk, A., Eyango, L., Waksman, S., Lallich, S., Darmont, J. 2015. Warehousing Complex Archaeological Objects. In: Christiansen, H., Stojanovic, I., Papadopoulos, G. (eds.). *Modeling and Using Context. CONTEXT 2015. Lecture Notes in Computer Science* 9405, 226—239.
- Peacock, D.P.S. 1967. The heavy mineral analysis of pottery: a preliminary report. *Archaeometry* 10.
- Peacock, D.P.S. 1968. A Petrological Study of Certain Iron Age Pottery from Western England. *Proceedings of the Prehistoric Society* 34, 414—427.
- Peacock, D.P.S. 1969. The scientific analysis of ancient ceramics: a review. *World Archaeology* 1, 375—389.
- Peacock, D.P.S. 1982. *Pottery of the Roman world: an ethnoarchaeological approach*. London: Longman.
- Puglisi et al. 2013: Puglisi, G., Stanco, F., Barone, G., Mazzoleni, P. 2013. Automatic petrographic feature extraction from pottery of archaeological interest. *8<sup>th</sup> International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*, 548—551.
- Quinn et al. 2011: Quinn, P.S., Rout, D., Stringer, L., Alexander, T., Armstrong, A., Olmstead, S. 2011. Petrodatabase: an on-line database for thin section ceramic petrography. *Archaeol Anthropol Sci* 38, 2491—2496.
- Quinn, P.S. 2013. *Ceramic Petrography: The Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in Thin Section*. Oxford: Archaeopress.
- Quinn, P.S. 2022. *Thin section petrography geochemistry and scanning electron microscopy of archaeological ceramics*. Oxford: Archaeopress.
- Reedy, C.L. 2006. Review of digital image analysis of petrographic thin sections in conservation research. *Journal of the American Institute for Conservation* 45, 127—146.
- Reedy, C.L. 2008. *Thin-Section Petrography of Stone and Ceramic Cultural Material*. London: Archetype Publication.
- Rice, P. 1987. *Pottery analysis. A sourcebook*. Chicago: University of Chicago Press.
- Riederer, J. 2004. Thin Section Microscopy Applied to the Study of Archaeological Ceramics. *Hyperfine Interactions* 154, 143—158.
- Shepard, A.O. 1936. Technology of Pecos Pottery. *The Pottery of Pecos: Papers of the Phillips Academy Southwestern Expedition* 2, 389—587.
- Shepard, A.O. 1942. *Rio Grande glaze paint ware, a study illustrating the place of ceramic technological analysis in archaeological research*. Washington: Carnegie Institution of Washington.
- Shepard, A.O. 1965. *Ceramics for the archaeologist*. Washington: Carnegie Institution of Washington.
- sites.google.com: 1: Archaeometry of Sicilian Pottery. Available at: <https://sites.google.com/site/archaeometrypottery/> (accessed 01.11.2022).
- Tite, M.S. 1972. *Methods of physical examination in archaeology*. London: Seminar Press.
- Tite, M.S. 1999. Pottery Production, Distribution, and Consumption — The Contribution of the Physical Science. *Journal of Archaeological Method and Theory* 6 (3), 181—233.
- ucl.ac.uk: 1: Intensive Course on Ceramic Petrography & Geochemistry. Available at: <https://www.ucl.ac.uk/archaeology/study/intensive-short-courses/intensive-course-ceramic-petrography-geochemistry> (accessed 01.11.2022).
- Vaughan, S.J. 1995. Ceramic petrology and Petrology in the Aegean. *AJA* 99, 115—117.
- Vince, A. 2001. Ceramic petrology and post-medieval pottery. *Post-Medieval Archaeology* 35, 106—118.
- Vince, A. 2005. Ceramic petrology and the study of Anglo-Saxon and Later Medieval ceramics. *Medieval archaeology* 49, 219—245.
- Whitbread, I.K. 1995. Greek Transport Amphorae. A Petrological and Archaeological Study. *Fitch Laboratory Occasional Papers* 4.