

ГИПС, ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И СВЯЗЬ С ГОНЧАРНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ НЕОЛИТА ПЛОДОРОДНОГО ПОЛУМЕСЯЦА

© 2024 г. Н.Ю. Петрова^{1,*}, А.Н. Бабенко^{1,**}, А.И. Якушев^{2,***}, Е.Г. Яновская^{1,****},
Е.Я. Зубавичус^{1,*****}, Е.В. Чернобахтова^{1,3,4,*****}

¹Институт археологии РАН, Москва, Россия

²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия

⁴ООО “Столичное археологическое бюро”, Москва, Россия

*E-mail: petrovanatalya7@mail.ru

** E-mail: mnemosina_a@mail.ru

*** E-mail: antemp@inbox.ru

**** E-mail: katherinyanovskaya@gmail.com

***** E-mail: teremion@gmail.com

***** E-mail: elizaveta.chernobakhtova@gmail.com

Поступила в редакцию 07.02.2024 г.

После доработки 20.03.2024 г.

Принята к публикации 16.04.2024 г.

В неолите Плодородного Полумесяца была широко распространена практика изготовления емкостей из смеси, полученной в результате пережога гипса и извести, а также обмазка ими керамических сосудов. В нашем исследовании изучалась технология изготовления предположительно гипсовых сосудов, сделанных по налепочной технологии с помощью обмазки формы, а также глиняных сосудов, покрытых гипсовой обмазкой, происходящих с поселения Ярым-тепе I (неолит, Северная Месопотамия). В исследовании использованы следующие методы анализа: технико-технологический, рентгеноспектральный флуоресцентный (XRF), сферулитный, рамановская спектроскопия и сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионным рентгеновским микроанализом (SEM-EDS). Установлено, что основным сырьем является гипс, а искусственно добавленными примесями — навоз и глина в небольшой концентрации. Возможно присутствие другого вида органики, о чем свидетельствуют данные эксперимента, показавшего невозможность изготовить сосуд с помощью налепочной технологии при низкой концентрации навоза, а также показатели различных анализов.

Ключевые слова: гипсовые сосуды, гипсовая обмазка, налепочная технология, навоз, неолит, Месопотамия.

DOI: 10.31857/S0869606324030034, **EDN:** XAIUAR

Пластичные минеральные неглинистые материалы, гипс и известняк, предварительно подвергнутые обжигу для получения вяжущей смеси, очень давно используются на Ближнем Востоке. Впервые в этом качестве они известны в виде клея для кремневых микролитов: гипс в Южном Леванте (Bag-Yosef, Goren, 1973) и известняк на Синайском полуострове (не позднее XII тыс. до н.э.)¹. В натуфийский период и в течение всего периода неолита в Южном

Леванте значительное распространение получает известковая обмазка: в погребальной практике (Friesem et al., 2019; Jammo, 2014 и др.) и в хозяйственной деятельности (обмазка пола и стен помещений, хозяйственных ям) (Garfinkel, 1987; Goren et al., 1993 и др.). Она известна в Месопотамии (Akkermans et al., 2006. P. 137; Gurrerriro et al., 2009. P. 380 и др.), в предгорьях (Hole et al., 1969. P. 40, 46; Zeidi et al., 2012. P. 262) и горах (Richter et al., 2021. P. 11; Smith, 1990. P. 324, 325) Загроста. Гипсовая обмазка ям и

¹Здесь и далее приводятся калиброванные даты.

полов помещений фиксируется несколько позже и преимущественно в Северной Месопотамии VIII–VI тыс. до н.э.: на Телль Магзалии (Бадер, 1989. Р. 27, 42, 44), Телль Сотто (Бадер, 1989. С. 124–129) и Ярым-тепе I (Мунчаев, Мерперт, 1981. С. 49, 52).

В VIII тыс. до н.э. на территории Плодородного Полумесяца эти материалы начали использовать не только в качестве обмазки, но им стали придавать форму и изготавливать емкости. Сосуды из гипса и извести, называемые “белые изделия” (“*White ware*” или “*vaiselle blanche*”) просуществовали примерно до середины V тыс. до н.э. (Balfet et al., 1969; Kingery et al., 1988; Nilhamn et al., 2009 и др.). Но всплеск их изготовления отмечается примерно в период с 6700–6200 лет до н.э. Причем гипс был предпочтительнее, несмотря на большую доступность известняка и его превосходящие качества (износостойкость) (Nilhamn, 2023).

При изучении материалов Южного Леванта появилась версия, что гипсовые сосуды были предшественниками глиняных (Balfet et al., 1969; Contenson, Courtois, 1979. Р. 178; Frierman, 1971). Однако позже стало ясно, что гипсовая посуда была современницей керамики, но гипс оказался менее универсален, чем глина (Nieuwenhuys, Nilhamn, 2011). Контейнеры из гипса имеют два основных преимущества над глиняными сосудами и корзинами. Щелочной состав снижает рост бактерий, а гигроскопичность гипса защищает содержимое против конденсата и сырости, что очень полезно для хранения органических продуктов (Rehloff et al., 1990; Nilhamn et al., 2009). Однако гипс плохо задерживает воду и подвержен образованию плесени и развитию высолов при долгом соприкосновении с водой. Поэтому наиболее вероятное использование гипсовых сосудов – хранение зерна (Nilhamn, 2017). С начала VII тыс. до н.э. гипс и известь стали также использовать для обмазки глиняных сосудов (Nilhamn, 2023), что, видимо, являлось наиболее оптимальным совмещением полезных свойств гипса и глины.

Интересно, что сосуды из извести распространены преимущественно на территории западного крыла Плодородного Полумесяца (Freikman, 2019), а из гипса – восточного (Kingery et al., 1988. Р. 236, 237; Miyake, 2016).

Изделия из извести обычно имеют серо-белый цвет и реагируют на кислоту, в то время как гипс может быть более розоватым, желтовато-коричневым и серым (Nilhamn, 2023. Р. 3, 4).

Обзор данных предыдущих исследований сосудов из гипса и гипсовой обмазки глиняных сосудов.

Сосуды из гипса и технология их изготовления. Приготовление смеси. Вяжущий гипсовый раствор (гидратированный сульфат кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), который получается из пережога гипса и, реже, алебастра, требует невысокой температуры обжига – 150–200°C (Kingery et al., 1988. Р. 219–221; Nilhamn, 2017. Р. 202). Важен тщательный контроль за температурой: если она превысит 260°C, ангидрит образует нерастворимый β -ангидрит ($\beta\text{-CaSO}_4$), который не возвращается в исходное состояние, так как плохо впитывает воду и больше не связывается. Необходимую температуру нужно поддерживать в течение 2–3 дней. Гипсовую смесь можно получить при обжиге в печи или путем открытого обжига гипсового грунта, который очищают от верхнего слоя почвы, засыпают топливом – соломой и навозом. Последний способ требует меньше времени и труда, но он менее качественен (Kume, 2013; Nilhamn, 2023). Очаг для обжига гипса, предположительно, найден на Телль Магзалии (Бадер, 1989. Р. 29).

Помимо гипса в составе формовочной массы археологических образцов фиксируют примесь песка, дробленого известняка и гипса, дробленой известковой обмазки, известковой глины и угля (Kingery et al., 1988. Р. 222–227. Tabl. 2; Nilhamn, 2017. Р. 202). По данным этнографии также известно, что при изготовлении смесей для обмазки могли использоваться такие примеси как известняк (CaCO_3), сода (Na_2CO_3), соль (NaCl) и гидроксид калия (KOH), а также костный клей, молоко и казеин. Они добавлялись для уменьшения скорости высыхания гипсовой обмазки. Однако использовались ли замедлители и катализаторы в неолите остается неизвестным. В археологическом материале выявлены некоторые признаки наличия органических материалов, определяемых по растительным волокнам и удлиненным пустотам (Nilhamn, 2017. Р. 202).

Конструирование. Емкости из гипса делались при помощи различных методов конструирования: обмазки, заливки или вдавливания в форму и с использованием налепной технологии, аналогичной гончарной.

Обмазывать форму могли как для изготовления самостоятельного изделия, так и для закрытия поверхности изделий из органических материалов, чаще корзин. Оттиски плетения на внешней и внутренней поверхностях гипсовых

фрагментов достаточно часто фиксируется на памятниках Плодородного Полумесяца (Бадер, 1989. Р. 61; Akkermans et al., 2006. Fig. 9. Р. 135; Nilhamn, 2023. Р. 15, 16; Nilhamn, Koek, 2013. Р. 292, 293; Suleiman, Nieuwenhuysе, 2002. Р. 15). Также предполагается, что подобные сосуды могли изготавливать в ямах, и они не были портативными (Nilhamn, 2023. Р. 15, 16). Гипсовые обмазки формы могли не содержать примеси (на поселениях Али Кош и Чога Сефид в предгорьях Загроса) или, наоборот, включать примеси различных видов. Например, на поселении Нахал-Хеймар в Южном Леванте обмазка формы, изготовленной из скрученных веревок, представляла собой гипс в смеси с кальцитом и обломками известковой штукатурки (Kingery et al., 1988. Р. 227).

Заливка или вдавливание в форму упоминается редко и, предположительно, производилось на жирное покрытие для предотвращения прилипания гипса к форме (Maréchal, 1982. Р. 228, 229).

Налепочная технология, аналогичная гончарной, получила значительное распространение на рассматриваемой территории. Интересно, что зафиксировано два различных элемента конструирования (жгут и лоскут), как и в гончарной технологии этого времени (Петрова, 2019; Petrova, Darabi, 2022). Использование жгутов отмечено на поселении Саби Абьяд (Nilhamn, Koek, 2013. Р. 292; Nilhamn, 2023. Fig. 8), а лоскутов — на Абу Хурейра в Северной Месопотамии и Али Кош в предгорьях Загроса. При изготовлении гипсовых сосудов по налепочной технологии в формовочную смесь всегда добавлялись различные примеси (Kingery et al., 1988. Р. 227, Tabl. 2).

Обработка поверхности. При изучении фрагментов гипсовых сосудов могут наблюдаться различия между слоями. Иногда внешний слой состоит из более тонкого материала без крупных включений, вероятно, служившего дополнительным покрытием (Nilhamn, 2023. Р. 15, 16). Для улучшения водостойкости изделий применялось ламирование и покрытие битумом. На поселении Саби Абьяд II и III зафиксировано несколько таких изделий, на которых также присутствуют отпечатки плетения (Connan et al., 2023; Nilhamn, 2023). По данным этнографии известна пропитка гипсовой обмазки герметиками, такими как пчелиный воск, мыло или маслянистые вещества (Sutter, 1999).

Окрашивание. Периодически поверх гипсовой обмазки полов, стен и черепов, а также на гипсовых емкостях фиксируется использование

красной и черной краски, изготовленных на основе охры и марганца (Kingery et al., 1988. Р. 240). Окрашивание сосудов встречается очень редко — в виде “клякс и точек” или сплошного покрытия, но это связывается с плохой сохранностью пигментов (Nilhamn, 2017. Р. 201).

Обмазка глиняных сосудов гипсом. Высокая гигроскопичность гипса очень полезна для хранения органических продуктов, а также для кратковременного хранения жидкости особенно в сочетании с глиняными сосудами. Несмотря на то, что гипс не делает емкость водонепроницаемой, испарение воды через стенки сосуда замедляется, сохраняя воду внутри прохладной. Кроме того, гипсовое покрытие могло использоваться для ремонта треснувших керамических сосудов (Nieuwenhuysе, Dooijes, 2008; Nieuwenhuysе, Nilhamn, 2011). По материалам поселения Саби Абьяд отмечено, что состав гипсового покрытия глиняных емкостей был аналогичен таковому у гипсовой посуды (Nilhamn, Koek, 2013). Также отмечается, что более крупные керамические изделия с подобным покрытием, подобно более крупным неподвижным гипсовым сосудам, иногда вкапывались в пол (Nieuwenhuysе, Nilhamn, 2011; Nilhamn, 2023). На Телль Сотто (Северная Месопотамия) необожженная глиняная емкость, изнутри обмазанная гипсом, служила местом погребения для младенца (Бадер, 1989. С. 134).

Целью нашего исследования стало изучение технологии изготовления еще не введенных в научный оборот материалов поселения Ярым-тепе I второй половины VII тыс. до н.э. (Северная Месопотамия) (Мунчаев, Мерперт, 1981), относящихся к периодам Протохассуны и Архаической Хассуны (Петрова, 2016): сосудов из пластичного неглинистого материала, предположительно, гипса (как сделанных по налепочной технологии, так и имеющих следы обмазки плетеных изделий) и глиняных сосудов, покрытых, предположительно, гипсовой обмазкой. Для изучения изделий были использованы следующие методы анализа: технико-технологический, рентгеноспектральный флуоресцентный (XRF), сферулитный, а также рамановская спектроскопия и сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионным рентгеновским микроанализом (SEM-EDS).

Исследование неглинистых пластичных материалов поселения Ярым-тепе I.

Технико-технологический анализ. Технико-технологический анализ проводился по методике, разработанной А.А. Бобринским для



Рис. 1. Фрагмент сосуда из гипса с отпечатками плетения.
Fig. 1. Fragment of a gypsum plaster vessel with weaving prints

изучения глиняных сосудов (1978). В данном исследовании впервые предпринимается попытка использования данной методики для сосудов, изготовленных из гипсового раствора. Формовочная масса анализировалась с использованием оптического бинокулярного микроскопа Leica MZ7.5. Методы конструирования изучались по спаям в изломах фрагментов, свидетельствующих о наличии или отсутствии налепной технологии и виде строительного элемента, а также внешней и внутренней поверхности — для выявления наличия следов, свидетельствующих об использовании формы. Необходимо отметить, что, в отличие от обожженных керамических сосудов, места соединений между различными строительными элементами в гипсовых изделиях видны значительно лучше даже в старых сломках.

Изделия из гипса. Всего в коллекции поселения Ярым-тепе I присутствует 47 фрагментов, относящихся к различным изделиям. Преобладающее большинство их было изготовлено с помощью налепной технологии и представлено несколькими категориями предметов: 27 фрагментов открытых сосудов с диаметром венчика от 43 см и более, диаметром днищ — 35 см при толщине 16–33 мм (преобладающая толщина 23–28 мм); три фрагмента закрытых круглобочных сосудов с диаметром венчиков 13 см и толщиной 23–24 мм. На одном фрагменте стенки сосуда зафиксирован удлиненный налеп и красная краска. Девять емкостей (археологически целых и фрагментов), вероятно, являются

массивными крышками высотой — 8–9 см, диаметром — 30 см и толщиной — 15–20 мм.

Встречены два фрагмента, условно, изделий “husking tray” (толщина днища — 15 мм). Подобные изделия в виде больших овальных тазов с рифленой поверхностью, известных в это время среди керамики Северной Месопотамии (Петрова и др., 2023. Рис. 8). В гипсе они встречены впервые.

Также присутствуют три фрагмента предположительно очень массивных ручек крышек высотой 7–11 см, толщиной 4.5–6 см.

Кроме того, имеются два фрагмента стенок сосудов с отпечатками плетения: от прямостенного сосуда с отпечатками на внутренней стороне (рис. 1) и от круглобочного сосуда с отпечатками толщиной 12–17 мм на внешней стороне. Микроскопический анализ показал наличие мелкой растительной примеси, возможно, связанной с сухим измельченным навозом в небольшой концентрации (не более 15%) в разных изделиях (рис. 2, 1, 4). Кроме того, присутствовала минеральная примесь двух видов: предположительно, глины бурого цвета, схожей с основным сырьем керамических сосудов (рис. 2, 3, 4), а также серых фрагментов неясного генезиса в незначительной концентрации (около 10%); отмечена также примесь угля (рис. 2, 4).

Все изделия, изготовленные с помощью налепной технологии, которая фиксируется по спаям и видимым элементам в изломах, были сделаны с помощью крупных продолговатых

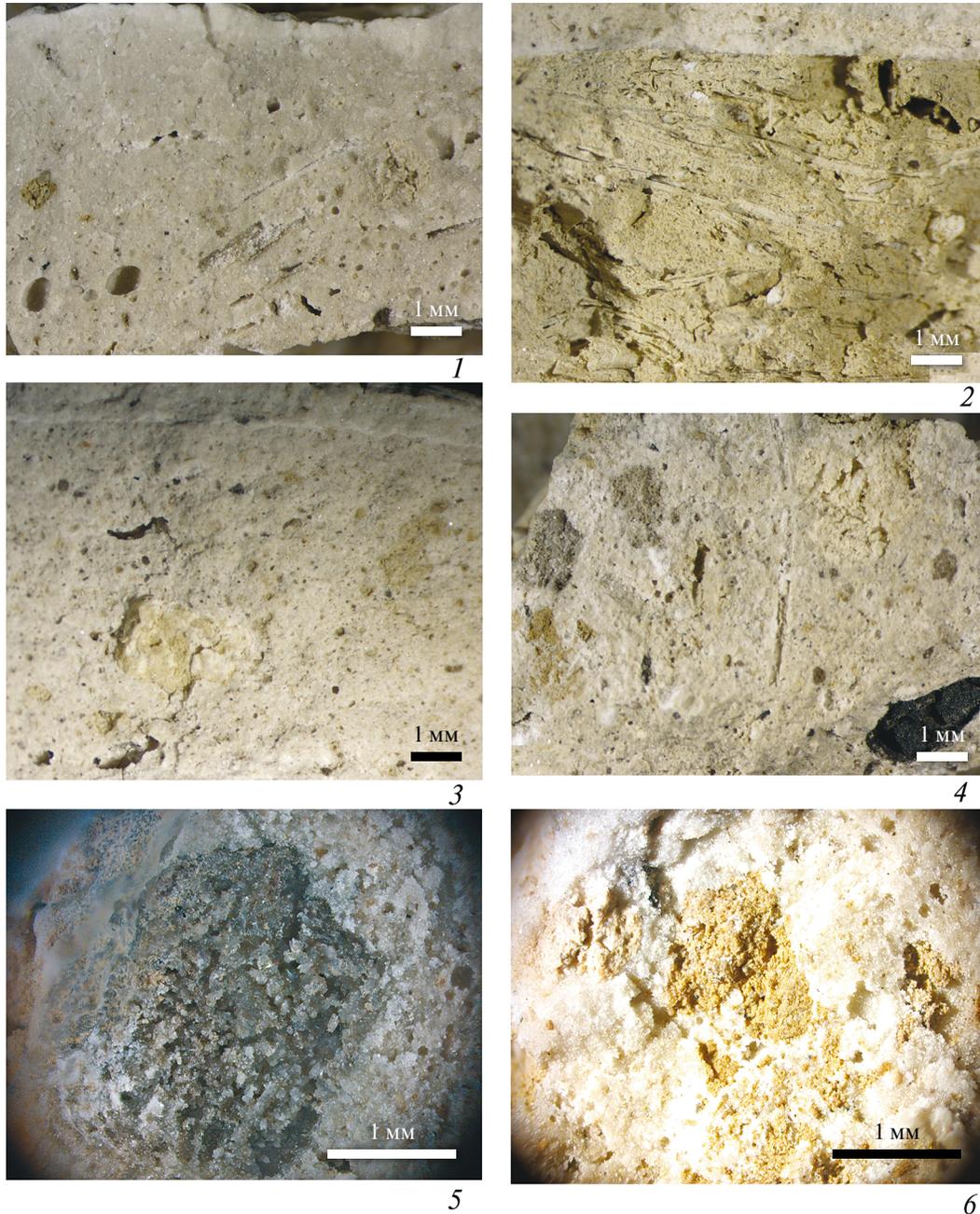


Рис. 2. Микрофотографии формовочной массы сосудов из гипса, сделанных по налепной технологии (1, 3–6), и керамического сосуда, покрытого гипсом (2): 1 – гипсовый сосуд (образец № 18); 2 – гипсовая обмазка сосуда из глины (образец № 6); 3, 5 – гипсовый сосуд с примесью угля и глины (образец № 9); 4, 6 – гипсовый сосуд (образец № 19); 1, 2, 4 – отпечатки очень мелкой растительности, связанной с навозом; 3, 4, 6 – включения глины; 4, 5 – более крупные включения гипса; 4 – включения угля; 1–4 – оптический микроскоп Leica MZ7.5; 5, 6 – модульный микроскоп ADF W300.

Fig. 2. Microphotographs of the pottery paste of gypsum plaster vessels made with sequential application of elements technology (1, 3–6), and a gypsum plaster-coated ceramic vessel (2)

лоскутов размером 7–10 см (рис. 3, 1–3). В некоторых случаях фиксируется двуслойное налепливание. Фрагменты с отпечатками плетения спаев не имеют.

Внешняя поверхность сосудов имеет следы заглаживания различными инструментами, оставляющими грубые следы, требующие дальнейшего изучения (рис. 3, 1). В ряде случаев

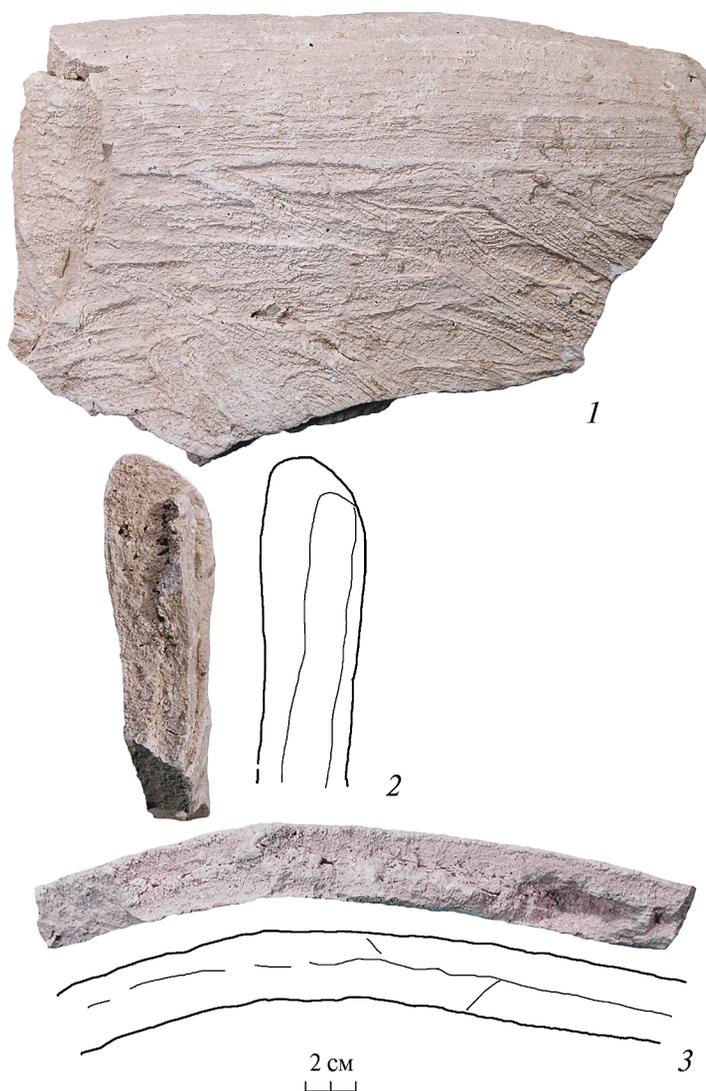


Рис. 3. Фрагмент гипсового сосуда (образец № 9), изготовленного с помощью налепной (лоскутной) технологии.
Fig. 3. Fragment of a gypsum plaster vessel (sample No. 9) made with sequential application of elements (slabs) technology

зафиксирована обмазка поверхности чистым слоем глины (рис. 3, 3).

Обмазка гипсом керамических сосудов. Обмазка различной толщины зафиксирована на закрытых толстостенных керамических сосудах, наиболее вероятно, связанных с хранением²: целая форма сосуда-хранилища с ребром диаметром 35 см и толщиной 0.7–1.2 см с обмазкой с обеих сторон толщиной около 1 мм; венчик прямостенного сосуда диаметром 27 см, толщиной 2.5 см и толщиной покрытия 3 мм на обеих сторонах; фрагменты от восьми круглобоких сосудов-хранилищ с диаметром венчика 27–49 см и

² Фрагменты керамических сосудов, обмазанных гипсом, имеют отдельную нумерацию.

толщиной 1.1–4 см, при толщине обмазки менее 0.1–0.5 см с внешней стороны и с внутренней стороны в районе венчика. На внутренней поверхности двух из них присутствуют углубления, сделанные до обжига. На других двух фрагментах венчиков с внешней стороны присутствуют налепы (Петрова, 2023).

Глиняные сосуды изготовлены из слабозапеченного сырья и содержат очень мелкую растительную примесь, связанную с навозом, судя по изогнутым растительным остаткам, добавленным во влажном состоянии (рис. 2, 2). Обмазка, вероятно, содержит примесь глины. Сосуды изготовлены с помощью лоскутов и подвергнуты обжигу в окислительной атмосфере (рис. 4).



Рис. 4. Фрагмент керамического сосуда (образец № 6), покрытого гипсовой обмазкой.

Fig. 4. A fragment of a ceramic vessel (sample No. 6) covered with gypsum plaster

Данные эксперимента по изготовлению сосуда из гипса. Кроме того, для понимания возможностей использования налепной технологии при использовании гипсовой смеси в 2018 г. Петровой Н.Ю. проводился эксперимент³, в ходе которого были произведены попытки изготовления небольших сосудов из чистого гипса и гипса с добавкой сухого навоза коровы. Такой состав был выбран в связи с тем, что в изучаемый период навоз являлся наиболее распространенной примесью при изготовлении керамических сосудов (Петрова, 2019; Petrova, 2024). Необходимо отметить, что успешно удалось изготовить сосуд из гипса с помощью лоскутной налепной технологии только после добавления туда примеси навоза в концентрации 30% (рис. 5). Также проводились эксперименты по обмазыванию керамических сосудов гипсом, оказавшиеся не слишком удачными: через некоторое время гипсовая обмазка начала отваливаться. Результаты эксперимента показали необходимость более тщательного изучения археологических изделий.

³ Эксперимент проводился на базе Экспериментальной керамической экспедиции Самарского государственного социально-педагогического университета. Выражаем благодарность за помощь в работе руководителям экспедиции Н.П. Салугиной и И.Н. Васильевой.

*Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РФА, XRF)*⁴. С целью определения химического состава и доли возможных примесей, добавляемых при производстве гипсовых изделий и обмазки, выбрано десять образцов (фрагменты от пяти сосудов, выполненных с помощью налепа, одного сосуда с отпечатками плетения, ручки крышки, изделия “husking tray”, а также два фрагмента обмазки глиняных сосудов), представляющих основные категории изделий. Образцы сначала были исследованы методом рентгенографического фазового анализа на дифрактометре X-Pert Pro. В результате установлено высокое содержание гипса во всех образцах. Далее, с целью точной количественной оценки химического состава образцов был применён метод рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (XRF) по методике HСAM ВИМС 439-РС на спектрометре Axios mAX. Для выполнения анализа из предварительно измельченных образцов при температуре 1150°C формировались стеклообразные диски, которые подвергались анализу в спектрометре. Определение потери массы при прокаливании выполнено по методике HСAM ВИМС 118-X при температуре 1000°C.

⁴ Исследование образцов выполнено с использованием приборной базы ИГЕМ РАН (Москва).



1



2



3

Рис. 5. Эксперимент по созданию гипсового сосуда с помощью налепной (лоскутной) технологии.

Fig. 5. Experiment to create a gypsum plaster vessel using sequential application of elements (slabs) technology

В качестве главного компонента всех образцов идентифицирован гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), содержание которого во всех образцах составляет от 90 до 95 вес. % (таблица), что установлено путем пересчета концентрации SO_3 по эквивалентному соотношению на формулу гипса. Во всех образцах также обнаружена примесь фосфатов, составляющая от 0.5 до 1 вес. % в пересчете на апатит.

Сферулитный анализ. Сферулитный анализ — один из немногих методов, который можно использовать для идентификации навоза на различных археологических памятниках (Shahack-Gross, 2011). Объектом изучения этого метода являются сферулиты из экскрементов животных, которые представляют собой образования карбоната кальция сферической формы, формирующиеся в тонком кишечнике в процессе переваривания

растительной пищи (Canti, 1997; 1998; 1999). Наибольшее количество сферулитов образуется у жвачных животных. Кроме того, они могут присутствовать в экскрементах у некоторых птиц и всеядных млекопитающих. У травоядных, пищеварение которых происходит в слепой кишке, и плотоядных животных сферулиты не формируются (Canti, 1997; 1999; Goren, 1999).

Сферулитный анализ для изучения керамики в настоящее время применяется крайне редко. Экспериментальные исследования формовочных масс (Amicone et al., 2021; Budca, D'Ercole, 2022) и изучение фрагментов керамики (Biton et al., 2014; Ogloblin Ramírez et al., 2021; Бабенко, Петрова, 2021) указывают на возможность использования сферулитов с целью определения примеси навоза в керамике. Авторам не известны работы, в которых бы данный анализ

Расчетный минеральный состав (РФА)

Calculated mineral composition (XRF)

Образец №	Название изделия	Гипс CaSO ₄ *2H ₂ O	Силикаты и кварц	Карбонаты CaCO ₃	Фосфаты (апатит, в т.ч. биогенный)
1	Стенка сосуда с налепной технологией	90.7	7.1	1–1.5	0.60
2	Ручка крышки	91.9	5.9	0.5–1	0.98
3	Стенка сосуда с отпечатками плетения	94.6	3.2	нет	1.00
4	Стенка сосуда с налепной технологией	94.4	4.2	0.5–1	0.91
5	Крышка сосуда	93.3	5.6	нет	0.82
6	Обмазка керамического сосуда	93.3	5.1	0.5–1	0.90
7	Обмазка керамического сосуда	92.3	5.9	1–1.5	0.66
8	Стенка сосуда с налепной технологией	95.3	4.1	нет	0.47
9	Стенка сосуда с налепной технологией	90.9	6.2	1–1.5	1.18
10	“Husking tray”	90.7	5.8	1.5–2	0.90

использовался с целью изучения сосудов, изготовленных из гипса. Учитывая то, что в гончарной технологии рассматриваемого времени значительную роль играл навоз, одним из индикаторов которого могут быть фосфаты (Shahack-Gross, 2011), можно предположить, что повышенное содержание фосфора в некоторых образцах (см. таблицу), возможно, указывает на присутствие в них экскрементов животных. С целью проверки данного предположения сферулитный анализ был проведен не только для изучения керамических, но и гипсовых сосудов.

Для проведения сферулитного анализа было отобрано девять фрагментов гипсовых сосудов и обмазки (не менее одного грамма), которые растирались в ступке. Небольшое количество полученного порошка смешивалось с глицерином и просматривалось на микроскопе ADF U300 при 400-кратном увеличении в кросс-поляризованном свете.

В результате анализа было установлено, что три образца гипсовых сосудов с высоким содержанием фосфатов (№ 2, 9, 10), а также один образец гипсового сосуда, также, как и предыдущие, сделанный по налепной технологии (№ 19) и три фрагмента керамических сосудов (№ 6, 13, 17), обмазанных гипсом, содержат единичные сферулиты (рис. 6). В одном изученном образце с низким содержанием фосфатов (№ 7),

сферулиты не обнаружены. Присутствие сферулитов в сосудах, сделанных из гипса, указывает на добавление навоза жвачных животных в формовочную массу. Наличие сферулитов в глиняных сосудах, обмазанных гипсом, указывает на то, что они были изготовлены по традиционной технологии с добавлением навоза в формовочную массу.

Рамановская спектроскопия и сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионным рентгеновским микроанализом (СЭМ-ЭРМ, SEM-EDS)⁵. С целью дополнительной идентификации примеси в составе формовочной массы было исследовано два фрагмента сосудов, выполненных по налепной технологии (№ 9 и № 19), с помощью рамановской спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии.

Исследования элементного состава включений проводились на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA Compact LMH с энергодисперсионным детектором Xplore 15 при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе пучка 10 нА в режиме высокого вакуума (10–3 Па). Для идентификации минеральных включений проведены точечные анализы с использованием портативного рамановского экспресс-анализатора

⁵ Исследования выполнены с использованием приборной базы Центра коллективного пользования при ИА РАН (г. Москва).

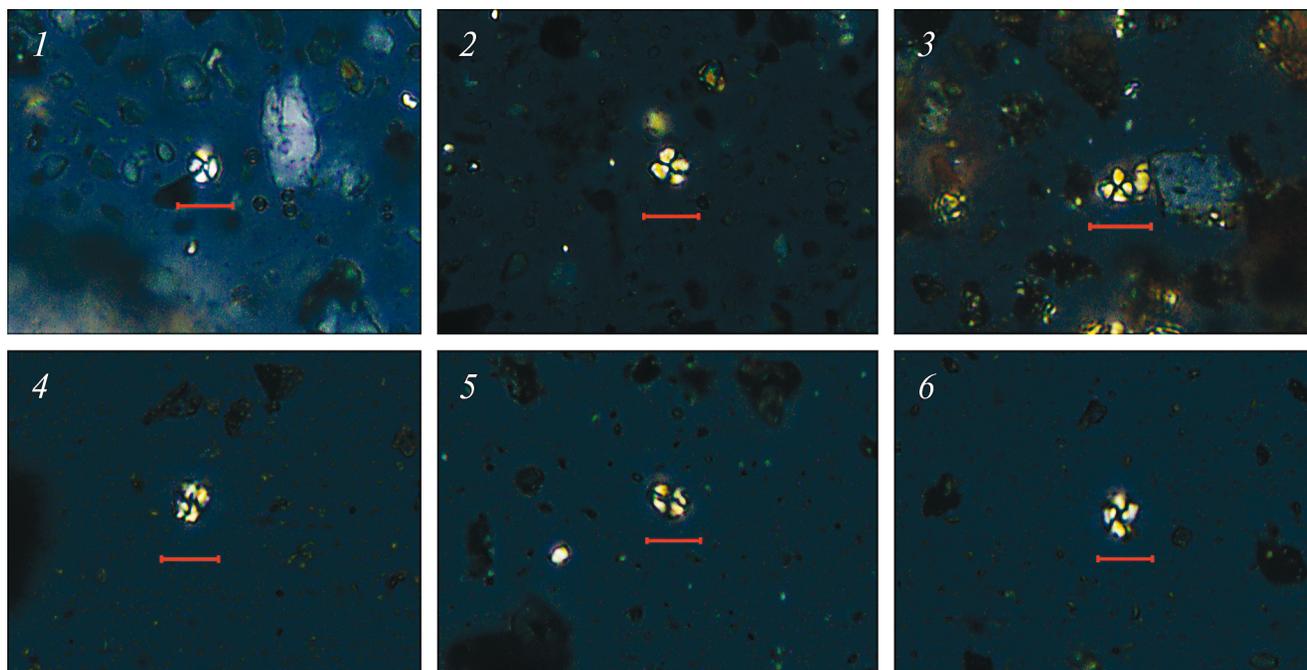


Рис. 6. Сферулиты в кросс-поляризованном свете из гипсовых (1, 2) и глиняных (3–6) сосудов. Масштабный отрезок 10 мкм.

Fig. 6. Spherulites in cross-polarized light from gypsum plaster (1, 2) and clay (3–6) vessels. Scale bar: 10 μ m

“ИнСпектр” с лазером 532 нм. Для проведения исследования на сканирующем электронном микроскопе были отобраны микропробы включений размером 200–300 мкм.

Исследования подтвердили, что в основном формовочная масса состоит из гипса (рис. 7, 1), в котором обнаружены единичные включения минерала анатаза (TiO_2) (рис. 7, 2). В гипсовой формовочной массе так же определяются два вида крупных включений, различающиеся по цвету и структуре (рис. 2, 5, 6).

Первый вид включений серого и светло-серого цвета хорошо виден в оптическом микроскопе (рис. 2, 5). Анализ, проведенный с помощью рамановской спектроскопии, показал присутствие в составе включений только минерала гипса. Исследования, проведенные с помощью сканирующего электронного микроскопа, также показали присутствие во включении только гипса и отсутствие других минеральных добавок (рис. 8, 4–6). Размер кристаллов гипса в зоне серых включений несколько увеличен по сравнению с большей частью формовочной массы. Серый цвет, вероятно, связан с присутствием во включении органического вещества или его остатков, включенных в кристаллическую структуру гипса.

Второй вид — это включения красновато-оранжевого цвета (рис. 2, 6). Исследование образца с помощью рамановского спектрометра не позволило получить читаемого спектра, однако исследование элементного состава показало присутствие химических элементов, характерных для глинистых минералов (рис. 8, 1–3). Окраска обусловлена присутствием бурых (вероятно гетит) и красных (вероятно гематит) окислов железа. Также обращает на себя внимание низкое содержание алюминия в глинистом веществе включения, что делает необходимым проведение дополнительных исследований с целью уточнения группы минерала.

В ходе рентгеноспектрального флуоресцентного анализа, рамановской спектрометрии и сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионной спектрометрией (SEM+EDS) было подтверждено предположение, что основным сырьем для изготовления емкостей из неглинистых пластичных минералов, а также обмазки сосудов из глины на поселении Ярым-тепе I является гипс. Также в основном сырье встречаются отдельные минералы (например, анатаз), являющиеся природными включениями в материал для изготовления сосуда.

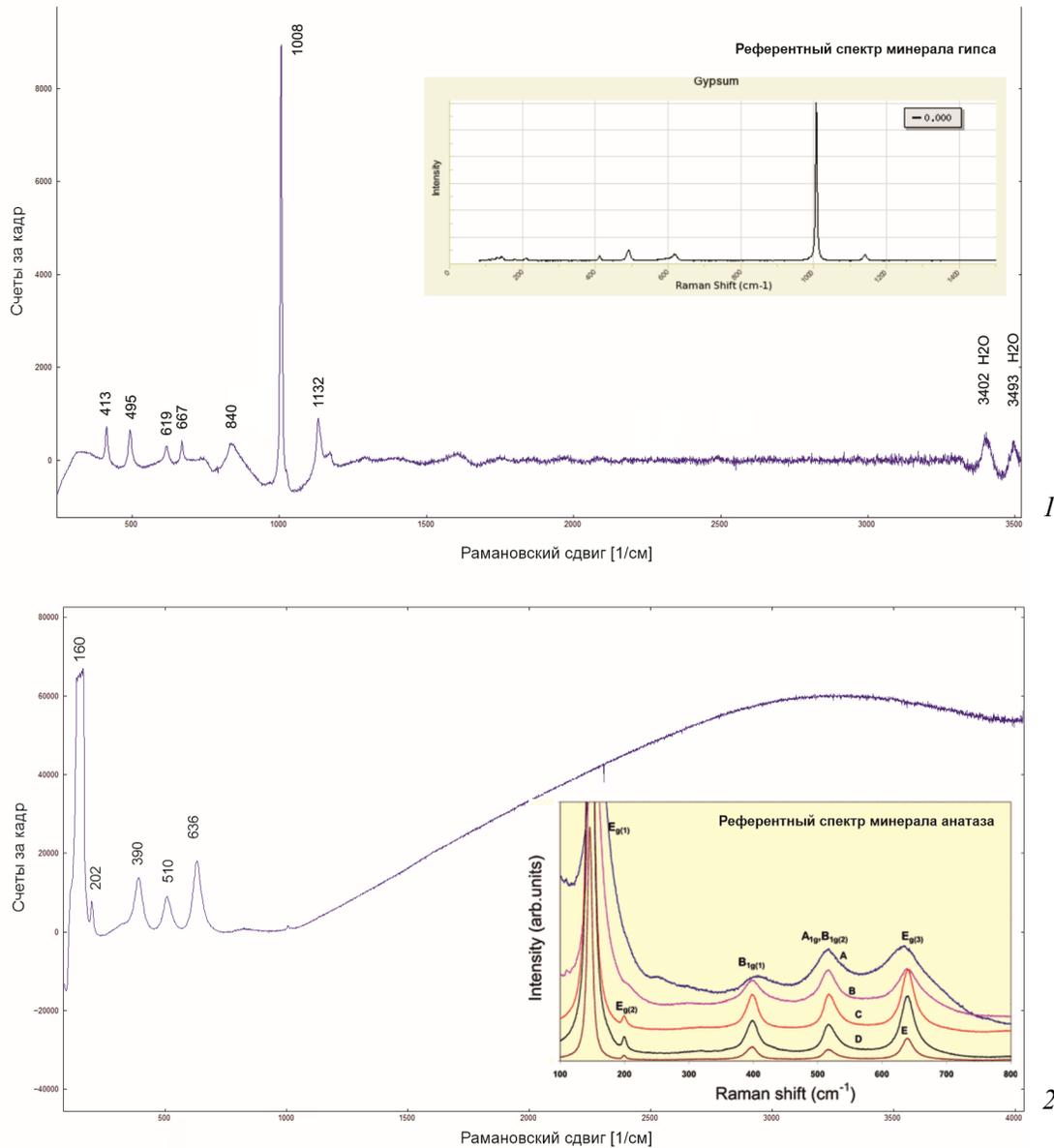


Рис. 7. Результаты рамановской спектроскопии: 1 – рамановский спектр гипса (формовочная масса, образец № 9) (Kuznetsov et al. 2005. Fig. 1); 2 – рамановский спектр анатаза (TiO₂) (формовочная масса, образец № 19) (RRUFF Database).

Fig. 7. Results of Raman spectroscopy

Основной искусственно добавленной в смесь примесью был навоз, идентифицированный благодаря данным сферулитного и технологического анализа. О его присутствии косвенно могут свидетельствовать данные, полученные с помощью РФА (наличие фосфатов), а также с помощью рамановской спектроскопии (наличие органики). Однако возможно и присутствие другого вида органики, идентификация которой требует других подходов. Об этом присутствии косвенно свидетельствуют данные

эксперимента, в результате которого не удалось изготовить сосуд с помощью налепной технологии при низкой концентрации навоза, отмеченной в археологических образцах.

Другим намеренно введенным компонентом в ряде случаев являлась глина, зафиксированная как под бинокулярным микроскопом, так и в ходе анализа с помощью сканирующего электронного микроскопа. Она также могла бы способствовать увеличению способности смеси

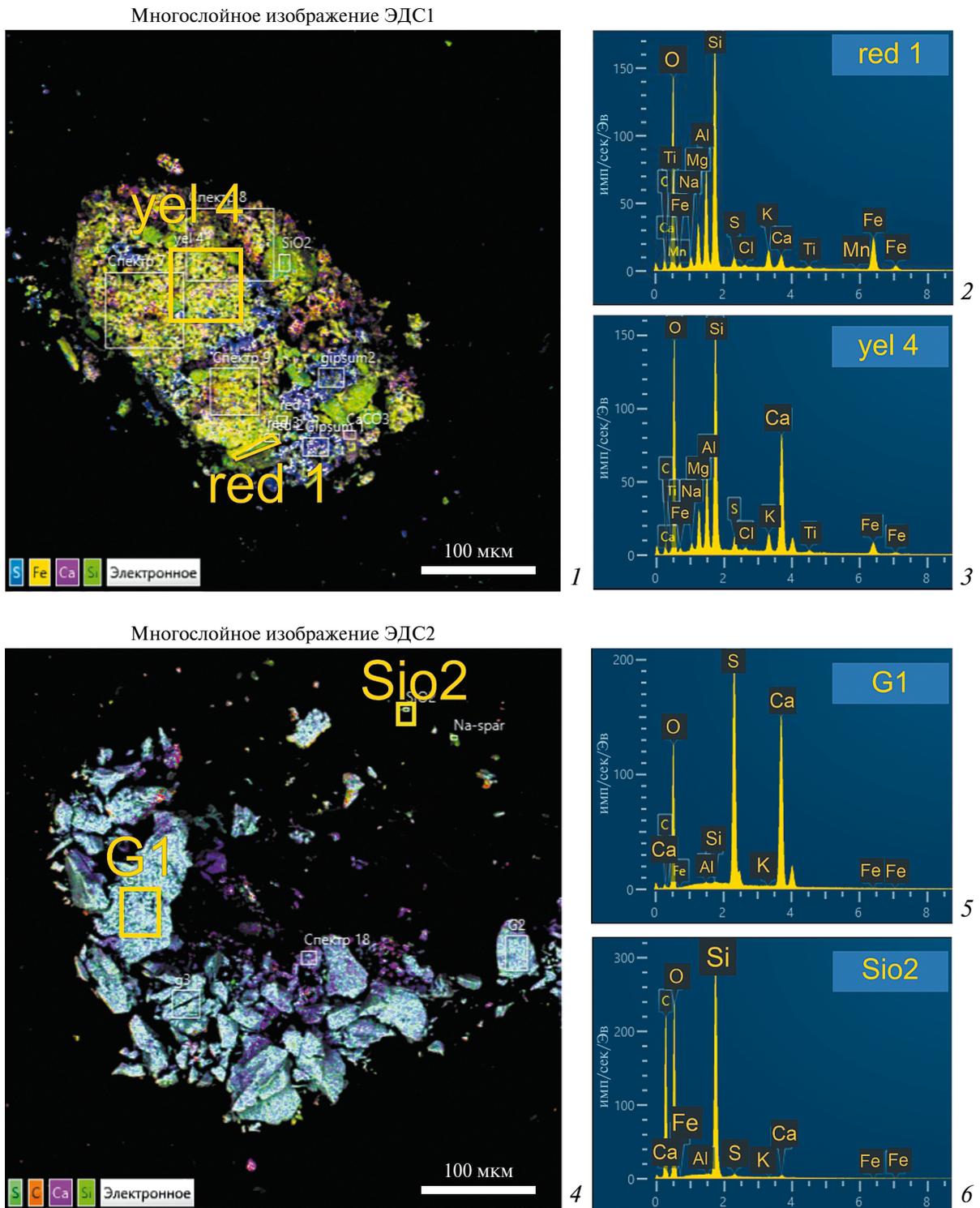


Рис. 8. Карты распределения элементов на микрообразцах включений в формовочную массу: 1–3 – красновато-оранжевое включение в формовочную массу (1 – карта распределения элементов; 2, 3 – элементный состав образца); 4–6 – сероватое включение в формовочную массу (4 – карта распределения элементов; 5, 6 – элементный состав образца).

Fig. 8. Maps of the elements distribution on microsamples of temper in the pottery paste

к лепке, но присутствует в очень небольшой концентрации.

Можно предположить, что такие компоненты смеси, как более крупные частицы гипса, а также уголь не были намеренно добавленными. По данным рамановской спектроскопии, сероватые включения, представляющие тот же гипс, но с более крупным размером кристаллов, вероятно, связаны с остатками недостаточно хорошо растолченного сыря. Предположительно, данные включения имеют сероватый цвет в результате концентрации из вокруг неопределенного органического вещества. Уголь, часто упоминающийся по материалам других памятников, мог остаться в смеси после пережога гипса и был связан с остатками топлива.

Интересно отметить, что по данным поселения Шаар Хаголан (ярмукская культура, Южный Левант), подобные емкости, изготовленные по технологии, аналогичной гончарной, но сделанные из известняка в более ранний период, содержат примесь влажной глины и небольшое количество органического материала. Позже, когда подобная смесь используется скорее как покрытие или ремонт керамических сосудов, состав изменяется: теперь присутствует значительное количество минеральных включений (Kingery et al., 1988. P. 227. Tabl. 2), что свидетельствует о важности органического материала для способности смеси к налепливанию.

Таким образом, можно заключить, что в нашем исследовании в ходе различных анализов в сосудах Ярм-тепе I из гипса зафиксированы основные компоненты, также присутствующие в составе изделий из других памятников региона: органическая примесь и глина. Удалось установить, что часть органической примеси связана с навозом. Однако наличие глины и навоза в небольшой концентрации, недостаточной для применения налепной технологии, свидетельствует о том, что по-прежнему не все компоненты технологии нам известны.

Обмазка керамических сосудов гипсом, вероятно содержала только примесь глины в незначительной концентрации. Органические добавки в этом случае не зафиксированы.

Можно предположить, что основной целью использования сосудов из гипса, а также керамических емкостей, покрытых гипсом, было хранение, вероятно, органических материалов. Однако присутствуют также предметы, определение функционального предназначения которых требует дополнительных исследований.

Авторы очень признательны Ярославу Всеволодовичу Кузьмину (СО РАН) за помощь в подборе литературы.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 24-28-01072.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабенко А.Н., Петрова Н.Ю.* Комплексное изучение примеси навоза в керамике (по материалам неолитического поселения Ярм-тепе I, Северная Месопотамия) // Вестник "История керамики". Вып. 3. М.: ИА РАН. 2021. С. 211–225.
- Бадер Н.О.* Древнейшие земледельцы Северной Месопотамии. М.: Наука, 1989. 368 с.
- Бобринский А.А.* Гончарство Восточной Европы. Источники и методы изучения. М.: Наука, 1978. 272 с.
- Мунчаев Р.М., Мерперт Н.Я.* Раннеземледельческие поселения Северной Месопотамии. М.: Наука, 1981. 320 с.
- Петрова Н.Ю.* Технологическое изучение керамики поселения Ярмтепе I (периоды протохассуны и архаической Хассуны) // Краткие сообщения Института археологии. 2016. Вып. 242. С. 48–59.
- Петрова Н.Ю.* Развитие технологии изготовления неолитической керамики в Восточной Дезде и горах Загроса (Северный Ирак и Западный Иран) // Краткие сообщения Института археологии. 2019. Вып. 256. С. 329–343.
- Петрова Н.Ю.* Налепы на глиняных сосудах в контексте хозяйственной деятельности и скульптурного искусства неолита Месопотамии и предгорий Тавра и Загроса // Энеолит и бронзовый век Циркумпонтийского региона: культурные процессы и взаимодействия: сб. к 100-летию со дня рождения Н.Я. Мерперта. М.: ИА РАН, 2023. С. 65–79.
- Петрова Н.Ю., Колганова Г.Ю., Тумова М.А.* Керамика стандартной Хассуны поселения Ярм-тепе I из собрания ГМИИ им. А.С. Пушкина // Российская археология. 2023. № 1. С. 25–40.
- Akkermans P.M.M.G., Gappers R., Cavallo Ch. et al.* Investigating the Early Pottery Neolithic of Northern Syria: New evidence from Tell Sabi Abyad // American Journal of Archaeology. 2006. Vol. 110. P. 123–156.
- Amicone S., Morandi L.F., Gur-Arieh S.* 'Seeing Shit': Assessing the Visibility of Dung Tempering in Ancient Pottery Using an Experimental Approach // Environmental Archaeology. 2021. Vol. 26, iss. 4. P. 423–438.
- Balfet H., Lafuma H., Lonquet P., Terrier P.* Une invention néolithique sans lendemain. Vaisselles pré-céramiques et sols enduits dans quelques sites du Proche-Orient // Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles. 1969. Vol. 6. P. 188–192.
- Bar-Yosef O., Goren N.* Natufian remains in Hayunim Cave // Paléorient. 1973. Vol. 1. P. 49–68.

- Biton R., Goren Y., Goring-Morris A.N.* Ceramics in the Levantine Pre-Pottery Neolithic B: evidence from Kfar HaHoresh, Israel // *Journal of Archaeological Science*. 2014. Vol. 41. P. 740–748.
- Budka J., D’Ercole G.* An Experimental Approach to Assessing the Tempering and Firing of Local Pottery Production in Nubia during the New Kingdom Period [Электронный ресурс] // *EXARC Journal*. 2022. Vol. 2. URL: <https://exarc.net/ark:/88735/10638> (дата обращения: 14.05.2024).
- Canti M.G.* An investigation of microscopic calcareous spherulites from herbivore dung // *Journal of Archaeological Science*. 1997. Vol. 24, iss. 3. P. 219–231.
- Canti M.G.* The micromorphological identification of faecal spherulites from archaeological and modern materials // *Journal of Archaeological Science*. 1998. Vol. 25, iss. 5. P. 435–444.
- Canti M.G.* The production and preservation of faecal spherulites: animals, environment and taphonomy // *Journal of Archaeological Science*. 1999. Vol. 26, iss. 3. P. 51–58.
- Connan J., Nilhamn B., Engel M.H. et al.* Chemical study of bitumen from Tell Sabi Abyad (Syria) from 7000–1150 BCE // *Style and society in the prehistory of West Asia: Essays in honour of Olivier P. Nieuwenhuys*. Leiden: Sidestone, 2023. P. 55–83.
- Contenson H. de, Courtois L.C.* A propos des vases enchaux: recherches sur leur fabrication et leur origine // *Paléorient*. 1979. Vol. 5. P. 177–182.
- Freikman M.* White ware // *Sha’ar Hagolan*. Vol. 5. Early pyrotechnology: ceramics and white ware. Jerusalem: The Institute of Archaeology of the Hebrew University of Jerusalem, 2019. P. 247–275.
- Frierman J.D.* Lime burning as the precursor of fired ceramics // *Israel Exploration Journal*. 1971. Vol. 21. P. 212–216.
- Friesem D.E., Abady I., Shaham D., Grosman L.* Lime plaster cover of the dead 12,000 years ago – new evidence for the origins of lime plaster technology // *Evolutionary Human Science*. 2019. Vol. 1. e9.
- Garfinkel Y.* Burnt lime products and social implications in the pre-pottery Neolithic B villages of the Near East // *Paleorient*. 1987. Vol. 13, 1. P. 69–76.
- Goren Y.* On determining use of pastoral cave sites: a critical assessment of spherulites in archaeology // *Journal of The Israel Prehistoric Society*. 1999. Vol. 29. P. 123–128.
- Goren Y., Segal I., Bar-Yosef O.* Plaster artifacts and the interpretation of the Nahal Hemar Cave // *Journal of Israel Prehistoric Society*. 1993. Vol. 25. P. 120–131.
- Guerrero E., Molist M., Kuijt I., Anfruns J.* Seated memory: new insights into Near Eastern Neolithic mortuary variability from Tell Halula, Syria // *Current Anthropology*. 2009. Vol. 50, № 3. P. 379–391.
- Hole F., Flannery K.V., Neely J.A.* Prehistory and human ecology of the Deh Luran plain. An early village sequence Khuzistan, Iran. Ann Arbor: University of Michigan, 1969. 518 p.
- Jammo S.* A study of skull symbolism in Near Eastern Neolithic Societies: Doctoral Thesis / University of Tsukuba. Tsukuba, 2014. 95 p.
- Kingery W.D., Vandiver P., Prickett M.* The Beginnings of Pyrotechnology. Part II. Production and use of Lime and Gypsum Plaster in the Pre-Pottery Neolithic Near East // *Journal of Field Archaeology*. 1988. Vol. 15, 2. P. 219–244.
- Kume S.* Gypsum plaster manufacturing in northeastern Syria: an ethnographic case study // *Nishiaki Y., Kashima K., Verchoeven M.* Neolithic Archaeology in the Khabur valley and beyond. Berlin: Ex Oriente, 2013 (Studies in Early Near Eastern production, subsistence, and environment; 15). P. 80–95.
- Kuznetsov A., Dubrovinsky L.S., Caruso R.A. et al.* Mud-dle Phys. Finite-size and pressure effects on the Raman spectrum of nanocrystalline anatase TiO₂ [Электронный ресурс] // *Physical Review*. 2005. Vol. 71, iss. 18. URL: <https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.71.184302> (дата обращения: 19.03.2024).
- Maréchal C.* El Kowm (Syrie) et l’usage de plâtre au néolithique // *Cahiers de L’Euphrate*. Vol. 3. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, 1982. P. 217–251.
- Miyake Y.* Origins of pottery as technological innovation in Southwest Asia // *Anatolian Metal VII*. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, 2016 (Anschnitt; Beiheft 31). P. 115–124.
- Nieuwenhuys O., Dooijes R.* A new life for old pots: early pottery repairs from 7th millennium Tell Sabi Abyad (northern Syria) // *Leiden journal of pottery studies*. 2008. Vol. 24. P. 159–170.
- Nieuwenhuys O., Nilhamn B.* Water in the village // *Neo-lithics*. 2011. Vol. 2/10. P. 53–59.
- Nilhamn B.* Was White Ware always white? Looking into the world of painted plaster // *Painting pots – painting people. Late Neolithic ceramics in Ancient Mesopotamia*. Oxford; Philadelphia: Oxbow books, 2017. P. 201–212.
- Nilhamn B.* Materiality of plaster vessels: the problem of Southwest Asian Neolithic White Ware // *Open Archaeology*. 2023. Vol. 9. 20220332.
- Nilhamn B., Astruc L., Gaulon A.* White ware – Near Eastern plaster container // *Méthodes d’approche des premières productions céramiques: étude de cas dans les Balkans et au Levant: Table-ronde de la Maison de l’Archéologie et de l’Ethnologie (Nanterre, France, 28 février 2006)*. Rahden: Leidorf, 2009. P. 63–72.
- Nilhamn B., Koek E.* Early pottery Neolithic white ware from tell Sabi Abyad // *Interpreting the Late Neolithic of Upper Mesopotamia*. Turnhout: Brepols, 2013. P. 289–296.
- Ogoblin Ramírez I., Galili E., Shahack-Gross R.* Pottery from Submerged Neolithic/Early Chalcolithic Settlements of the Carmel Coast, Israel: A Microarchaeological Study of Raw Material Procurement and Firing Technology // *Journal of the Israel Prehistoric Society*. 2021. Vol. 51. P. 105–129.

- Petrova N.* The Dung among others temper in Zagros and Mesopotamia Neolithic pottery // *The Epipalaeolithic and Neolithic in the Eastern Fertile Crescent. Revisiting the Hilly Flanks*. London; New York: Routledge, 2024. P. 279–307.
- Petrova N., Darabi H.* Analysis of neolithic pottery technology along the Iranian Zagros foothills // *Documenta Praehistorica*. 2022. Vol. XLIX. P. 318–342.
- Rehloff L., Akkermans P.M.M.G., Leonardsen E., Thuesen I.* Plasters: gypsum or calcite? A preliminary case study of Syrian plasters // *Paleorient*. 1990. Vol. 16, 2. P. 79–87.
- Richter T., Darabi H., Alibaigi S. et al.* The formation of early Neolithic communities in the central Zagros: an 11,500 year-old communal structure at Asiab // *Oxford Journal of Archaeology*. 2021. Vol. 40. P. 2–22.
- RRUFF Database [Электронный ресурс]. URL: <https://rruff.info/gypsum/display=default/R040029> (дата обращения: 19.03.2024).
- Shahack-Gross R.* Herbivorous livestock dung: formation, taphonomy, methods for identification, and archaeological significance // *Journal of Archaeological Science*. 2011. Vol. 38, iss. 2. P. 205–218.
- Smith P.E.L.* Architectural innovation and experimentation at Ganj Dareh, Iran // *Word Archaeology*. 1990. Vol. 21, iss. 3. P. 323–335.
- Suleiman A., Nieuwenhuys O.* The small finds // *Tell Boueid II: a late neolithic village on the Middle Khabur (Syria)*. Turnhout: Brepols, 2002 (Subarty; XI). P. 13–34.
- Sutter A.* Note sur la fabrication du qadâd [Электронный ресурс]. URL: <https://journals.openedition.org/cy/111> (дата обращения: 20.05.2024).
- Zeidi M., Riehl S., Napierela H., Conard N.J.* Chogha Golan: a PPN site in the foothills of the Zagros Mountains, Ilam Province, Iran. Report on the first season of excavation in 2009 // *Proceedings of the 7th International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East (12 April – 16 April 2010, the British Museum and UCL, London)*. Wiesbaden: Harrassowitz, 2012. P. 259–276.

GYPSUM PLASTER, ITS USE AND RELATIONSHIP WITH NEOLITHIC FERTILE CRESCENT POTTERY TECHNOLOGY

Natalia Yu. Petrova^{1,*}, Anna N. Babenko^{1,**}, Anton I. Yakushev^{2,***},
Ekaterina G. Yanovskaya^{1,****}, Evgeny Y. Zubavichus^{1,*****}
and Elizaveta V. Chernobakhtova^{1,3,4,*****}

¹*Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia*

²*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia*

³*Moscow Lomonosov State University, Russia*

⁴*“Stolichnoye arkheologicheskoye byuro” LLC, Moscow, Russia*

*E-mail: petrovanatalya7@mail.ru

** E-mail: mnemosina_a@mail.ru

*** E-mail: antemp@inbox.ru

**** E-mail: katherinyanovskaya@gmail.com

***** E-mail: teremion@gmail.com

***** E-mail: elizaveta.chernobakhtova@gmail.com

In the Neolithic of the Fertile Crescent, the practice of making containers from a mixture obtained by burning gypsum and lime, as well as coating ceramic vessels with them, was widespread. This study examined the technology for manufacturing presumably plaster vessels made with sequential application of elements technology, by coating the mold, as well as clay vessels with plaster coating originating from the settlement of Yarim-Tepe I (Neolithic, Northern Mesopotamia). This study includes technological, X-ray fluorescence (XRF), spherulite, Raman spectroscopy and scanning electron microscopy with energy-dispersive X-ray microanalysis (SEM-EDS) analysis. It was established that the main raw material is gypsum plaster with artificially added temper – dung and clay in small concentrations. The presence of another type of organic matter is possible as evidenced by the data of an experiment that showed the impossibility of making a vessel using sequential application of elements technology at a low concentration of dung.

Keywords: plaster vessels, plaster coating, sequential application of elements technology, dung, Neolithic, Mesopotamia.

REFERENCES

- Akkermans P.M.M.G., Gappers R., Cavallo Ch. et al., 2006. Investigating the Early Pottery Neolithic of Northern Syria: New evidence from Tell Sabi Abyad. *American Journal of Archaeology*, 110, pp. 123–156.
- Amicone S., Morandi L.F. Gur-Arieh S., 2021. ‘Seeing Shit’: Assessing the Visibility of Dung Tempering in Ancient Pottery Using an Experimental Approach. *Environmental Archaeology*, vol. 26, iss. 4, pp. 423–438.
- Babenko A.N., Petrova N.Yu., 2021. A comprehensive study of dung temper in ceramics (on materials from Yarim Tepe I Neolithic settlement, Northern Mesopotamia). *Vestnik “Istoriya keramiki” [“History of Ceramics” Bulletin]*, 3. Moscow: Institut arkheologii Rossiyskoy akademii nauk, pp. 211–225. (In Russ.)
- Bader N.O., 1989. Drevneyshie zemledel'tsy Severnoy Mesopotamii [The earliest farmers of Northern Mesopotamia]. Moscow: Nauka. 368 p.
- Balfet H., Lafuma H., Lonquet P., Terrier P., 1969. Une invention néolithique sans lendemain. Vaisselles pré-céramiques et sols enduits dans quelques sites du Proche-Orient. *Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles*, 6, pp. 188–192.
- Bar-Yosef O., Goren N., 1973. Natufian remains in Hayunim Cave. *Paléorient*, 1, pp. 49–68.
- Biton R., Goren Y., Goring-Morris A.N., 2014. Ceramics in the Levantine Pre-Pottery Neolithic B: evidence from Kfar HaHoresh, Israel. *Journal of Archaeological Science*, 41, pp. 740–748.
- Bobrinskiy A.A., 1978. Goncharstvo Vostochnoy Evropy. Istochniki i metody izucheniya [Pottery of Eastern Europe. Sources and methods of study]. Moscow: Nauka. 272 p.
- Budka J., D’Ercole G., 2022. An Experimental Approach to Assessing the Tempering and Firing of Local Pottery Production in Nubia during the New Kingdom Period (Electronic resource). *EXARC Journal*, 2. URL: <https://exarc.net/ark:/88735/10638>.
- Canti M.G., 1997. An investigation of microscopic calcareous spherulites from herbivore dung. *Journal of Archaeological Science*, vol. 24, iss. 3, pp. 219–231.
- Canti M.G., 1998. The micromorphological identification of faecal spherulites from archaeological and modern materials. *Journal of Archaeological Science*, vol. 25, iss. 5, pp. 435–444.
- Canti M.G., 1999. The production and preservation of faecal spherulites: animals, environment and taphonomy. *Journal of Archaeological Science*, vol. 26, iss. 3, pp. 51–58.
- Connan J., Nilhamn B., Engel M.H. et al., 2023. Chemical study of bitumen from Tell Sabi Abyad (Syria) from 7000–1150 BCE. *Style and society in the prehistory of West Asia: Essays in honour of Olivier P. Nieuwenhuys*. Leiden: Sidestone, pp. 55–83.
- Contenson H. de, Courtois L.C., 1979. A propos des vases enchaux: recherches sur leur fabrication et leur origine. *Paléorient*, 5, pp. 177–182.
- Freikman M., 2019. White ware. *Sha’ar Hagolan*, 5. Early pyrotechnology: ceramics and white ware. Jerusalem: The Institute of Archaeology of the Hebrew University of Jerusalem, pp. 247–275.
- Frierman J.D., 1971. Lime burning as the precursor of fired ceramics. *Israel Exploration Journal*, 21, pp. 212–216.
- Friesem D.E., Abady I., Shaham D., Grosman L., 2019. Lime plaster cover of the dead 12,000 years ago – new evidence for the origins of lime plaster technology. *Evolutionary Human Science*, 1, e9.
- Garfinkel Y., 1987. Burnt lime products and social implications in the pre-pottery Neolithic B villages of the Near East. *Paleorient*, 13, 1, pp. 69–76.
- Goren Y., 1999. On determining use of pastoral cave sites: a critical assessment of spherulites in archaeology. *Journal of the Israel Prehistoric Society*, 29, pp. 123–128.
- Goren Y., Segal I., Bar-Yosef O., 1993. Plaster artifacts and the interpretation of the Nahal Hemar Cave. *Journal of Israel Prehistoric Society*, 25, pp. 120–131.
- Guerrero, E., Molist, M., Kuijt I., Anfruns J., 2009. Seated memory: new insights into Near Eastern Neolithic mortuary variability from Tell Halula, Syria. *Current Anthropology*, vol. 50, no. 3, pp. 379–391.
- Hole F., Flannery K.V., Neely J.A., 1969. Prehistory and human ecology of the Deh Luran plain. An early village sequence Khuzistan, Iran. Ann Arbor: University of Michigan. 518 p.
- Jammo S., 2014. A study of skull symbolism in Near Eastern Neolithic Societies: Doctoral Thesis, University of Tsukuba. Tsukuba. 95 p.
- Kingery W.D., Vandiver P., Prickett M., 1988. The Beginnings of Pyrotechnology. Part II. Production and use of Lime and Gypsum Plaster in the Pre-Pottery Neolithic Near East. *Journal of Field Archaeology*, 15, 2, pp. 219–244.
- Kume S., 2013. Gypsum plaster manufacturing in north-east Syria: an ethnographic case study. *Nishiaki Y., Kashima K., Verchoeven M. Neolithic Archaeology in the Khabur valley and beyond*. Berlin: Ex Oriente, pp. 80–95. (Studies in Early Near Eastern production, subsistence, and environment, 15).
- Kuznetsov A., Dubrovinsky L.S., Caruso R.A. et al., 2005. Middle Phys. Finite-size and pressure effects on the Raman spectrum of nanocrystalline anatase TiO₂ (Electronic resource). *Physical Review*, vol. 71, iss. 18. URL: <https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.71.184302>.
- Maréchal C., 1982. El Kowm (Syrie) et l’usage de plâtre au néolithique. *Cahiers de L’Euphrate*, 3. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, pp. 217–251.
- Matthews W., Shillito L.-M., Elliott S., 2013. Investigating early Neolithic materials, ecology and sedentism: micromorphology and microstratigraphy. *The Earliest Neolithic of Iran. 2008 Excavations at Sheikh-e Abad and Jani*. Oxford and Oakville: Oxbow books, pp. 67–104.

- Miyake Y., 2016. Origins of pottery as technological innovation in Southwest Asia. *Anatolian Metal VII*. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, pp. 115–124. (Anschnitt, Beiheft 31).
- Munchaev R.M., Merpert N.Ya., 1981. Rannezemel'cheskie poseleniya Severnoy Mesopotamii [Early agricultural settlements of Northern Mesopotamia]. Moscow: Nauka. 320 p.
- Nieuwehuysse O., Dooijes R., 2008. A new life for old pots: early pottery repairs from 7th millennium Tell Sabi Abyad (northern Syria). *Leiden journal of pottery studies*, 24, pp. 159–170.
- Nieuwehuysse O., Nilhamn B., 2011. Water in the village. *Neo-lithics*, 2/10, pp. 53–59.
- Nilhamn B., 2017. Was White Ware always white? Looking into the world of painted plaster. *Painting pots – painting people. Late Neolithic ceramics in Ancient Mesopotamia*. Oxford; Philadelphia: Oxbow books, pp. 201–212.
- Nilhamn B., 2023. Materiality of plaster vessels: the problem of Southwest Asian Neolithic White Ware. *Open Archaeology*, 9, 20220332.
- Nilhamn B., Astruc L., Gaulon A., 2009. White ware – Near Eastern plaster container. *Méthodes d'approche des premières productions céramiques: étude de cas dans les Balkans et au Levant: Table-ronde de la Maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie (2006)*. Rahden: Leidorf, pp. 63–72.
- Nilhamn B., Koek E., 2013. Early pottery Neolithic white ware from tell Sabi Abyad. *Interpreting the Late Neolithic of Upper Mesopotamia*. Turnhout: Brepols, pp. 289–296.
- Ogloblin Ramírez I., Galili E., Shahack-Gross R., 2021. Pottery from Submerged Neolithic/Early Chalcolithic Settlements of the Carmel Coast, Israel: A Microarchaeological Study of Raw Material Procurement and Firing Technology. *Journal of the Israel Prehistoric Society*, 51, pp. 105–129.
- Petrova N., 2024. The Dung among others temper in Zagros and Mesopotamia Neolithic pottery. *The Epipalaeolithic and Neolithic in the Eastern Fertile Crescent. Revisiting the Hilly Flanks*. London; New York: Routledge, pp. 279–307.
- Petrova N., Darabi H., 2022. Analysis of neolithic pottery technology along the Iranian Zagros foothills. *Documenta Praehistorica*, XLIX, pp. 318–342.
- Petrova N.Yu., 2016. Technological studies of ceramics from Yarimtepe I (proto-Hassuna and archaic Hassuna periods). *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii [Brief Communications of the Institute of Archaeology]*, 242, pp. 48–59. (In Russ.)
- Petrova N.Yu., 2019. Development of Neolithic pottery production technology in Eastern Jezirah and the Zagros Mountains (Northern Iraq and Western Iran). *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii [Brief Communications of the Institute of Archaeology]*, 256, pp. 329–343. (In Russ.)
- Petrova N.Yu., 2023. Applique on vessels in the context of economic activity and art of the Neolithic Mesopotamia and the foothills of the Taurus and Zagros. *Eneolit i bronzovyy vek Tsirkumpontiyanskogo regiona: kul'turnye protsessy i vzaimodeystviya: sbornik k 100-letiyu so dnya rozhdeniya N.Ya. Merperta [Chalcolithic and Bronze Age of the Circumpontic region: cultural processes and interactions: Collected papers to the 100th anniversary of N.Ya. Merpert]*. Moscow: Institut arkheologii Rossiyskoy akademii nauk, pp. 65–79. (In Russ.)
- Petrova N.Yu., Kolganova G.Yu., Titova M.A., 2023. Ceramics of standard Hassuna from the Yarim-Tepe I settlement (the collection of the Pushkin Museum). *Rossiyskaya arkheologiya [Russian archaeology]*, 1, pp. 25–40. (In Russ.)
- Rehff L., Akkermans P.M.M.G., Leonardsen E., Thuesen I., 1990. Plasters: gypsum or calcite? A preliminary case study of Syrian plasters. *Paleorient*, 16, 2, pp. 79–87.
- Richter T., Darabi H., Alibaigi S. et al., 2021. The formation of early Neolithic communities in the central Zagros: an 11,500 year-old communal structure at Asiab. *Oxford Journal of Archaeology*, 40, pp. 2–22.
- RRUFF Database (Electronic resource). URL: <https://rruff.info/gypsum/display=default/R040029>.
- Shahack-Gross R., 2011. Herbivorous livestock dung: formation, taphonomy, methods for identification, and archaeological significance. *Journal of Archaeological Science*, vol. 38, iss. 2, pp. 205–218.
- Smith P.E.L., 1990. Architectural innovation and experimentation at Ganj Dareh, Iran. *World Archaeology*, vol. 21, iss. 3, pp. 323–335.
- Suleiman A., Nieuwehuysse O., 2002. The small finds. *Tell Boueid II: a late neolithic village on the Middle Khabur (Syria)*. Turnhout: Brepols, pp. 13–34. (Subarty, XI).
- Sutter A. Note sur la fabrication du qadâd (Electronic resource). URL: <https://journals.openedition.org/cy/111>.
- Zeidi M., Riehl S., Napierela H., Conard N.J., 2012. Chogha Golan: a PPN site in the foothills of the Zagros Mountains, Ilam Province, Iran. Report on the first season of excavation in 2009. *Proceedings of the 7th International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East (2010)*. Wiesbaden: Harrassowitz, pp. 259–276.