

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТИГЛИ ИЗ ЮВЕЛИРНЫХ МАСТЕРСКИХ САРАЯ АЛ–ДЖЕДИД¹

© 2022 г. С.И. Валиулина, А.Р. Нуретдинова

В статье представлены результаты исследования металлургических тиглей из ювелирных мастерских одной из столиц Золотой Орды – Сарая ал-Джедид, производивших золотые украшения в 40–70-е годы XIV века. Методом сканирующей электронной микроскопии (SEM–EDS) определен химический состав глиняного материала тиглей и, в большей степени, состав тигельных шлаков, образовавшихся в контактной зоне между стенками сосудов и их заполнением в процессе плавки. Авторами установлен состав формовочной массы тиглей, практически идентичный составу столовой посуды из расположенной рядом гончарной мастерской. В статье также приводятся данные пробирного анализа продукции мастерской. Проба золота показывает, что мастерство ювелиров и качество технической керамики позволили достичь высоких результатов.

Ключевые слова: археология, Нижнее Поволжье, Золотая Орда, XIV век, Царевское городище, Сарай ал-Джедид, ювелирные мастерские, техническая керамика.

METALLURGICAL CRUCIBLES FROM THE JEWELRY WORKSHOPS OF SARAY AL-JEDID²

S.I. Valiulina, A.R. Nuretdinova

Results of the study of metallurgical crucibles from the jewelry workshops of one of the capitals of the Golden Horde – Saray al-Jedid, which produced metal jewelry in the 40–70s of the 14th c. are presented in the paper. Chemical composition of the clay material of the crucibles, and to a greater extent, the composition of the crucible slags formed in the contact observation wall between the vessels and their blockage during the melting process have been determined by the method of scanning electron microscopy (SEM–EDS). The authors have established the composition of the molding mass of the crucibles, which is practically the decisive composition of the tableware located next to the pottery workshop. The paper also deals with the data on the assay analysis of the workshop's products. The assay of the gold demonstrated that the craftsmanship of the jewelers and the quality of the technical ceramics achieved high results.

Keywords: archaeology, Lower Volga region, Golden Horde, 14th century, Tsarevskoye medieval city, Saray al-Jedid, jewelry workshops, technical ceramics.

Сарай ал-Джедид – Царевское городище, вторая столица Золотой Орды на Нижней Волге, является уникальным памятником во многих отношениях. Прежде всего, огромный город еще до проведения раскопок был очевиден в рельефе поверхности, сохранив свидетельства топографии и планировочной структуры. По письменным источникам и нумизматическим данным Сарай ал-Джедид известен как быстро возникший и стремительно расцветший город, существовавший всего несколько десятилетий в XIV в. – со второй половины 30-х годов, времени правления хана Узбека, до разорения Тимуром в 1395 году.

В 1959 г. на Царёвском городище начались стационарные раскопки Поволжской археологической экспедиции Московского университета под руководством Г.А. Федорова-Давыдова, а с 1961 по 1968 гг. в работах принимал участие отряд Казанского государственного университета (рук. И.С. Вайнер). В эти годы была установлена планировка города, характер застройки, фортификация и система водоснабжения, исследованы ремесленные мастерские. Казанский отряд исследовал три богатые усадьбы с мастерскими в восточном пригороде. На усадьбах было организовано несколько производств: гончарное (изготов-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-09-00240 А «Царевское городище: исследование материалов раскопок 1961-1968 гг. из фондов Археологического музея Казанского федерального университета и Государственного исторического музея».

² The work was carried out with the financial support of the RFBR, project No. 20-09-00240 A "Tsarevskoye settlement: research of excavation materials from 1961-1968 from the funds of the Archaeological Museum of Kazan Federal University and the State Historical Museum".

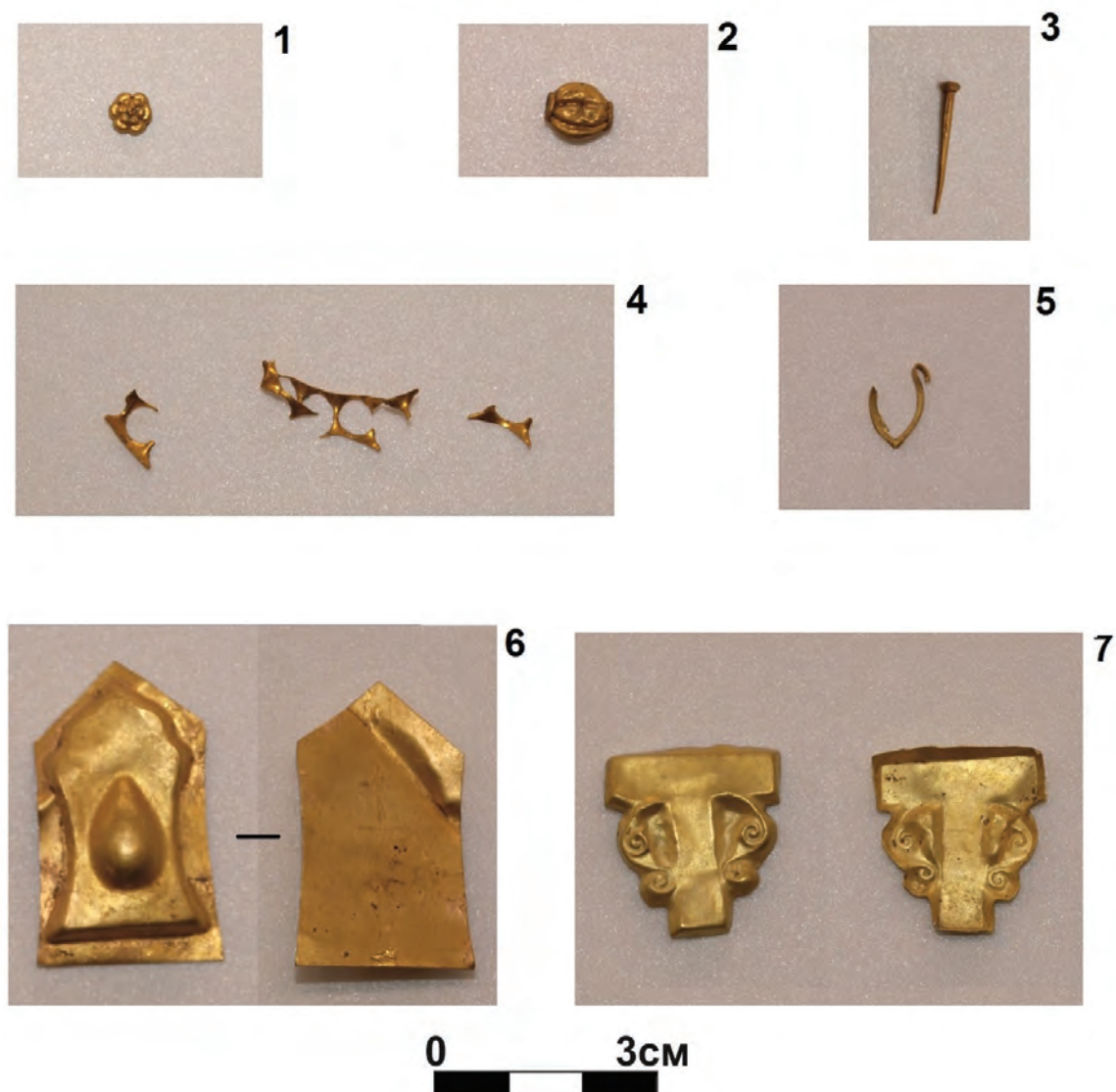


Рис. 1. Продукция из золота из мастерских Царевского городища
Fig. 1. Golden products from Tsarevskoye medieval city workshops

ление глазурованной посуды), косторезное и ювелирное. Две последовательно сменяющие друг друга золотоделательные мастерские (усадебка II и усадебка III), судя по нумизматическому материалу, функционировали с 40-х до 70-х гг. XIV в. (Федоров-Давыдов и др., 1974, с. 113). На начальном этапе функционирования ювелирного производства на усадебке II мастерская площадью 380×170 см располагалась рядом с жилой полуземляной и в стороне от богатого дома хозяина усадебки, ювелир, вероятно, жил в полуземлянке и был подчиненным зависимым человеком. На следующем этапе в 60–70 годы XIV в. возникает усадебка III, на ней строится деревянный дом и рядом мастерская 640×700 см, и это уже мастерская свободного мастера (Федоров-Давыдов и др., 1974).

Материалы раскопок представляют собой остатки теплотехнических сооружений –

горнов, ювелирные инструменты, многочисленные отходы производства – золотые обрезки пластин, проволоку, а также готовые изделия из золота (накладка, бирюзовая вставка в золотой оправе, шестилепестковая розетка, кольцо, миниатюрные гвоздики) (рис. 1). Рабочее место ювелира отмечено каплями золота на кусках печной плиты и глиняной обмазке в развале горнов, на фрагментах бытовой посуды и внутри плавильных сосудов – тиглей. Всего из мастерских происходит 137 тиглей разной степени сохранности, вся коллекция хранится в фондах Археологического музея Казанского университета (инв. № АКУ–358).

В предварительной публикации итогов раскопок были приведены результаты рентгенографического исследования 17 образцов золота из мастерских, в том числе пяти золотых капель из тиглей. Во всех пробах было

Таблица 1. Результаты пробирного анализа продукции мастерских Царевского городища.
Table 1. The results of the assay analysis of the products of the workshops of Tsarevskoye medieval city.

№ п/п	Наименование	Рисунок	Состав
1	накладка	рис. 1, №1	Au – 96%, Cu – 4%
2	бусина	рис. 1, №2	Au – 95%, Ag – 3%, Cu – 2%
3	гвоздик	рис. 1, №3	Au – 90%, Ag – 6%, Cu – 4%
4	обрезки	рис. 1, №4	Au – 96%, Ag – 3%, Cu – 1%
5	обрезок	рис. 1, №5	Au – 80%, Ag – 17%, Cu – 3%
6	накладка	рис. 1, №6	Au – 93%, Ag – 4%, Cu – 3%
7	накладка	рис. 1, №7	Au – 80%, Ag – 18%, Cu – 2%

обнаружено содержание золота в количестве 90–99%, присутствие серебра в пределах естественной примеси к золоту и примесь меди, которая, по мнению авторов исследования, добавлялась в процессе плавки в тигли. Ограниченные возможности рентгеноструктурного анализа не позволили представить полную характеристику сплавов, и не был выполнен анализ технической керамики (Вайнер, Кринари, 1974). Пробирный анализ, проведенный в рамках нашего исследования, дополнил и уточнил полученные ранее данные (табл. 1). Тигли как сосуды для плавки металла характеризуются специальными качествами. Они должны были обладать особыми физическими и химическими свойствами: быть устойчивыми к высоким температурам, обеспечивать скорость плавления, возможность контролировать процесс плавления. Во многом свойства тиглей зависят от состава теста, формы и способа температурного воздействия (Енионова, Ререн, 2011, с. 244).

Статья ставит основной целью определение химического состава глиняного материала тиглей и в большей степени состава тигельных шлаков, образовавшихся в контактной зоне между стенками сосудов и их заполнением в процессе плавки.

Материал тиглей исследовался с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM–EDS) на приборе Carl Zeiss EVO 50 с рентгеновским микроанализатором (Bruker EDS). Исследования проводились при ускоряющих напряжениях 20 кВ с целью повышения чувствительности таких элементов, как Pb, Sn, Sb, As, Ba. Текущий режим варьировал от 5 до 12 нА для лучшего соотношения участка/анализа. Режим визуализации микроскопа включает обратное рассеяние электронов (BSE). Этот режим позволяет наиболее точно выделить в образцах фазовый состав,

слои, включения. Данные количественного и качественного анализа представлены в виде оксидов (табл. 2). Для обработки экспериментальных данных и определения состава непосредственно в ходе измерений использовался алгоритм расчета на основе схемы модели ZAF, учитывающий поправки на возникающие эффекты генерации и поглощения характеристического рентгеновского излучения, а также на флуоресценцию от излучения или тормозного излучения. Для получения достоверных результатов каждый образец исследован пятью спектрами (рис. 2) с последующим расчетом средних значений, результаты представлены в таблице 2.

Все тигли ювелирных мастерских дошли до нас во фрагментарном состоянии разной степени сохранности, целые формы представлены рисунками на общей таблице находок в ранней публикации материалов раскопок (Федоров-Давыдов и др., 1974, табл. V, 28, 29) – это треугольный и цилиндрический тигли. К сожалению, треугольный тигель оказался недоступен для нашего исследования. Несколько фрагментов сохранили полный профиль сосудов, т. е. являются «археологически целыми», они сообщают информацию о высоте и диаметре для достаточно надежной графической реконструкции (рис. 2: 2). Таким образом, сохранность материала не позволяет выполнить строгую систематизацию изделий, создать типологию и установить количественные соотношения разных типов. На основании имеющихся данных можно выделить по меньшей мере три типа: 1 – цилиндрические (2 подтипа – с округлым дном и с коническим дном), 2 – яйцевидной формы – с округлым дном, слегка скругленными стенками и зауженным отверстием (рис. 2: 2), и 3 – треугольные с округлым дном. Все тигли имели небольшие размеры. Если о высоте судить

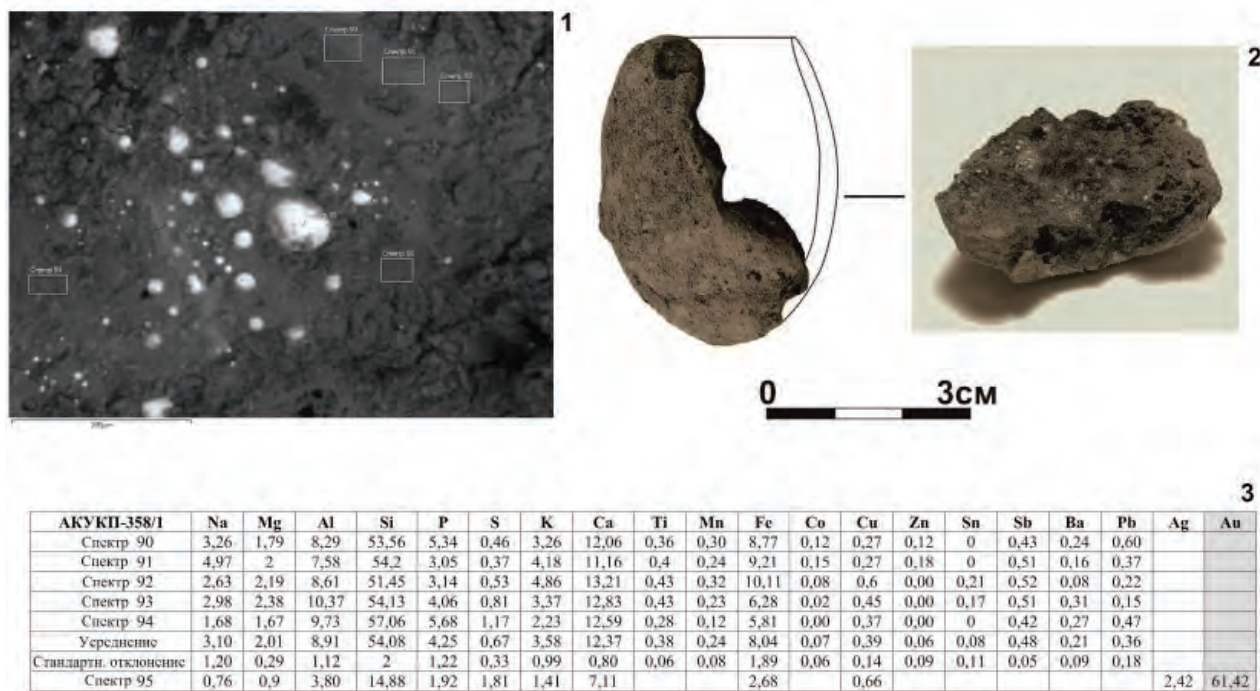


Рис. 2. Результаты сканирующей электронной микроскопии тигля № 1 (АКУКП-358/1).

Fig. 2. Scanning electron microscopy and photo of crucible No 1 (AKUKP-358/1).

достаточно сложно: целые образцы указывают на 5–6,5 см, то информация о диаметре края более надежна: диаметр тиглей варьировал в пределах от 3 до 5 см. Тигли достаточно тонкостенные, толщина стенок составляла 3–5 мм, увеличиваясь в донной части. Миниатюрные тигли соответствуют малым объемам (порциям) драгоценного металла, с которым работал ювелир, а тонкие стенки облегчают теплообмен и увеличивают огнеупорность (Bayley, Rehren, 2007, p. 47).

Внешняя поверхность тиглей ровная, относительно гладкая, имеет коричневый или коричнево-серый цвет снаружи и темно-серый внутри. Все образцы Царевской коллекции имеют слабую витрификацию (остеклованность) внешней и внутренней поверхностей. При небольшом увеличении на внутренней поверхности стенки тигля в составе керамического шлака отчетливо видны зерна кварца, темные (угольные?) скопления кальцита, угловатые блестящие чешуйки слюды-мусковита и капельки-шарики золота разной размерности в большинстве тиглей (рис. 2–5).

Химический состав материала тиглей (табл. 2) показывает, что они имеют общее сырье с глиняной посудой и другими изделиями из гончарной мастерской на II усадьбе (сопла, трехрогие подставки для обжига глазурованной посуды, формы-матрицы

для выполнения рельефного штампованного орнамента) (Valiulina, Vocharov, 2022, table 1). Формовочную массу и тиглей, и глиняной посуды отличает высокая концентрация глинозема, кальция, железа, количество щелочей в среднем достигало 6% (табл. 2). Для изготовления огнеупорных сосудов полезным из этого списка является только большое количество оксида алюминия. Поэтому назначение тиглей требовало от мастера введения в формовочную массу необходимых технологических добавок для повышения огнеупорности сосудов. Важно, что пять взятых на анализ тиглей демонстрируют отсутствие стандартизации в этом процессе – технологические добавки индивидуальны практически в каждом образце. Возможно, мастер был в поиске оптимального состава, что характеризует, очевидно, не сложившуюся еще ремесленную традицию. Однако это разнообразие может отражать шлаковые включения, приобретенные в процессе использования тиглей.

Тигель № 358/1 (рис. 2) отличается значительным количеством фосфора – 1,33%, то есть более чем в 3 раза больше среднего показателя, и повышенным содержанием калия (табл. 2: 1). Эти данные говорят о добавке в глиняную массу растительной золы, такая добавка известна в практике ремесленников (Martinon-Torres et al., 2008), она помогала

Таблица 2. Химический состав материала тиглей и золотых вкраплений по результатам SEM.
 Table 2. The chemical composition of the material of crucibles and gold inclusions according to the results of SEM.

№ п/п	Шифр	N	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Sn	Sb	Ba	Pb	Ag	Au
1	Образец № 1 (АКУКП-358/1)		3,10	2,01	8,91	54,08	4,25	0,67	3,58	12,37	0,38	0,24	8,04	0,07	0,39	0,06	0,08	0,48	0,21	0,36		
2	Стандартное отклонение		1,20	0,29	1,12	2	1,22	0,33	0,99	0,80	0,06	0,08	1,89	0,06	0,14	0,09	0,11	0,05	0,09	0,18		
3	Спектр (Au)		0,76	0,9	3,80	14,88	1,92	1,81	1,41	7,11			2,68		0,66						2,42	61,42
4	Образец № 2 (АКУКП-358/19)		4,36	2,93	11,54	34,68	0,94	0,53	1,06	20,62	0,27	0,2	5,77	0,04	9,14	0,01	0,18	0,74	0,15	6,35		
5	Стандартное отклонение		0,26	0,27	0,97	0,94	0,33	0,29	0,1	0,77	0,04	0,03	0,4	0,06	0,56	0,02	0,08	0,15	0,1	0,95		
6	Спектр (Au)	2,96	2,02	0,83	3,21	8,74	0,18	1,75	0,34	4,43			1,53		6,06						8,89	58,72
7	Образец № 3 (АКУКП-358/25)		4,59	2,9	14,22	45,54	1,11	1,09	3,1	17,93	0,4	0,08	5,61	0,06	0,89	0,04	0,45	0,47	0,14	0,59		
8	Стандартное отклонение		0,72	0,24	0,84	2,82	1,02	0,42	0,29	3,39	0,08	0,02	0,45	0,02	0,03	0,03	0,16	0,09	0,09	0,07		
9	Спектр (Au)		2,68	1,62	8,55	21,17	0,57	1,98	1,69	8,65			3,16									49,41
10	Образец № 4 (АКУКП-358/31)		3,27	5,25	13,46	50,62	0,21	0,44	1,53	14,11	0,55	0,11	7,53	0,10	1,16	0,02	0,23	0,51	0,13	0,37		
11	Стандартное отклонение		0,23	0,47	0,71	2,04	0,33	0,04	0,35	0,2	0,17	0,05	2,67	0,09	0,18	0,03	0,05	0,07	0,09	0,08		
12	Спектр (Au)		1,88	1,35	3,65	12,51	0,00	1,51	0,79	3,99			3,42		2,67						3,77	64,21
13	Образец № 5 (АКУКП-358/107)		3,68	2,88	28,05	49,13	0,17	0,77	1,76	8,25	1,17	0,06	1,97	0,01	0,48	0,02	0,13	0,27	0,08	0,14		
14	Стандартное отклонение		0,20	0,35	2,07	3,07	0,04	0,14	0,27	1,43	0,64	0,03	0,31	0,01	0,09	0,02	0,08	0,07	0,09	0,03		

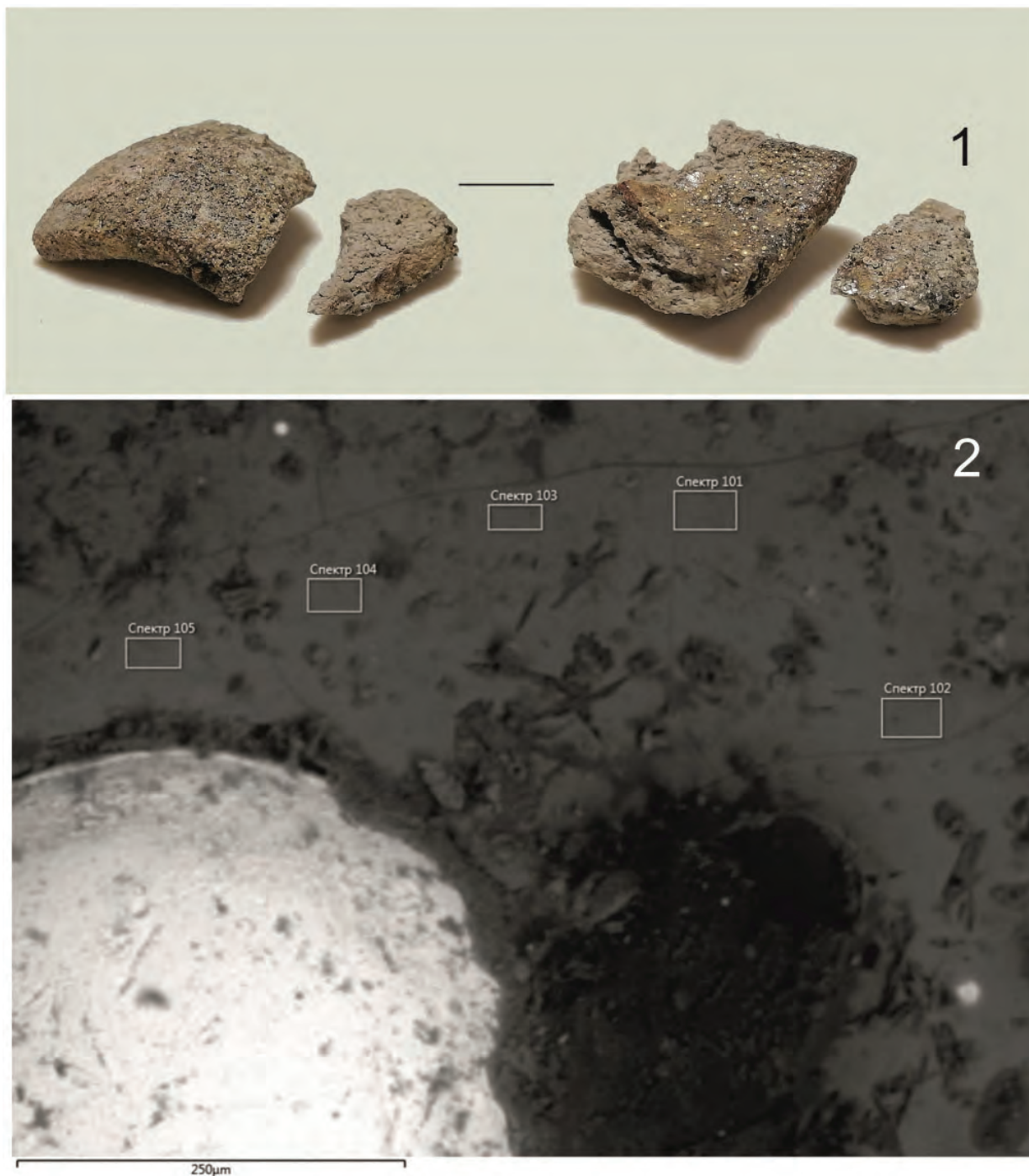


Рис. 3. Места взятия проб сканирующей электронной микроскопии и фото тигля № 2 (АКУКП-358/19).
Fig. 3. Sampling locations of scanning electron microscopy and photo of crucible No 2 (АКУКП-358/19).

создать восстановительные условия в тигле (Bailey, Rehren, 2007, p. 47).

Два тигля, № 358/19 (рис. 3) и № 358/25 (рис. 4), характеризуются высоким процентным содержанием оксида кальция 20,62% и 17,93% соответственно, в обоих случаях можно предположить наличие костной золы, еще одной типичной добавки для изготовления огнеупоров, особенно специализированных. Костяная зола и древесная зола использовались для изготовления тиглей в алхимической

лаборатории в Оберстоксталле (Osten, 1998). Вероятно, в тигле 358/19 эта многоступенчатая процедура не была завершена, в отличие от тигля № 358/25 (табл. 2: 4–5, 7–8). Большое количество кальцита или извести могло быть компонентом шлака (Martinon-Torres, Rehren, 2007, p. 86).

Тигель № 358/31 (рис. 5) выделяет повышенный уровень оксида магния –5,25% (в два раза выше среднего показателя), возможно, за счет введения минеральной добавки магнизи-

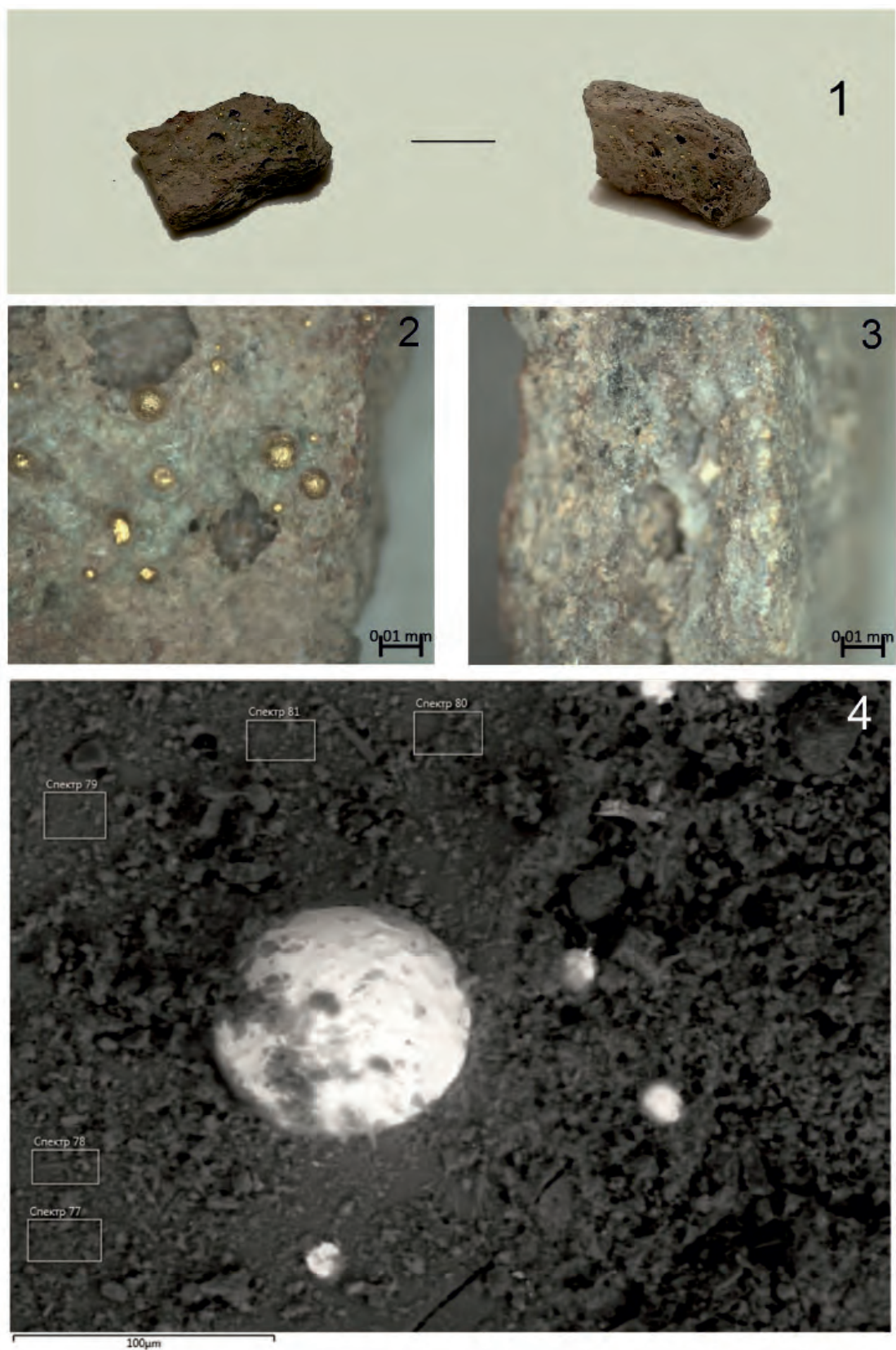


Рис. 4. Места взятия проб сканирующей электронной микроскопии и фото тигля № 3 (АКУКП-358/25).
Fig. 4. Sampling locations of scanning electron microscopy and photo of crucible No 3 (АКУКП-358/25).

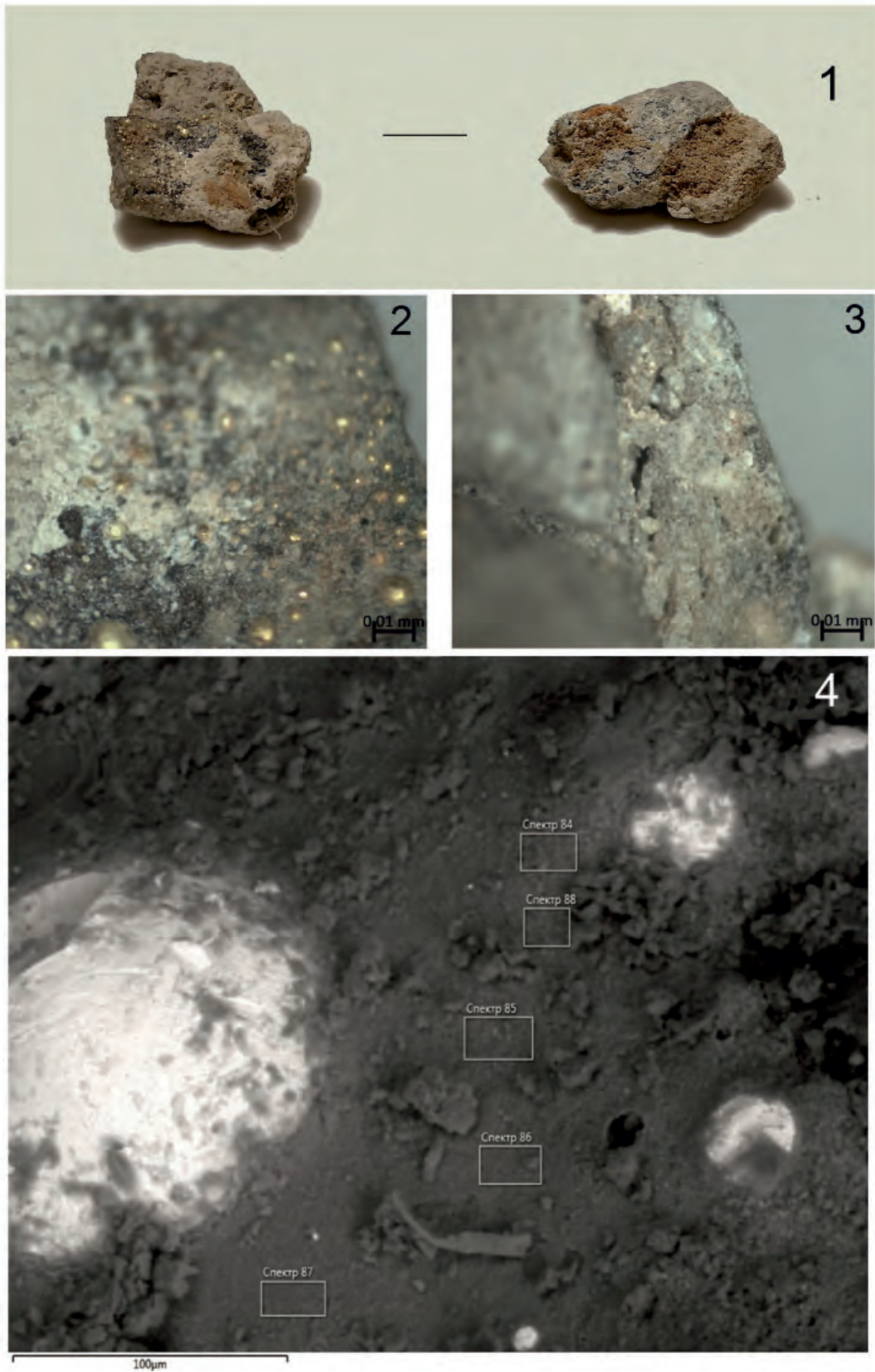


Рис. 5. Места взятия проб сканирующей электронной микроскопии и фото тигля № 4 (АКУКП-358/31).
Fig. 5. Sampling locations of scanning electron microscopy and photo of crucible No 4 (АКУКП-358/31).

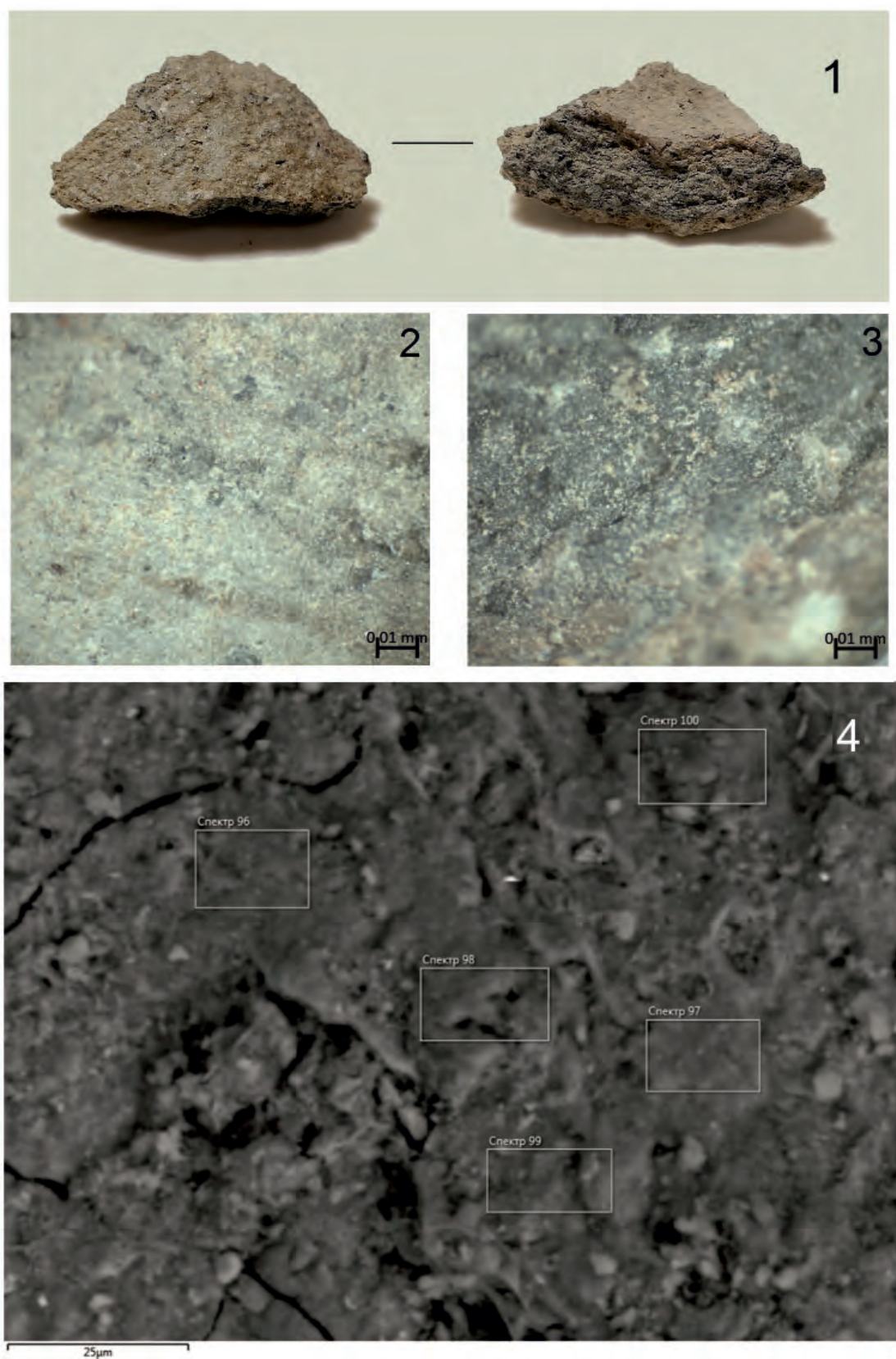


Рис. 6. Места взятия проб сканирующей электронной микроскопии и фото тигля № 5 (АКУКП-358/107).
Fig. 6. Sampling locations of scanning electron microscopy and photo of crucible No 5 (АКУКП-358/107).

ально-железистого силиката (оливина, хризолита), направленной на увеличение термостойкости (табл. 2: 5).

Из всех образцов тигель № 358/107 (рис. 6) по составу наиболее соответствует технологическим нормативам огнеупоров. Материал тигля богат глиноземом – 28,05%, это высокий уровень концентрации для неиспользованных сосудов (Martinon-Torres, Reren, 2009), и самый низкий в выборке уровень оксида железа – 1,97% (табл. 2: 13). Тигель имеет одинаково ровную поверхность снаружи и внутри, без пузырей, каверн и следов металла – капелек золота. Все эти особенности и химический состав материала тигля позволяют заключить, что тигель не был использован.

Отсутствие витрификации – остеклованного шлака на поверхности тиглей, определяется комплексом технологических условий, в том числе, возможно, характером металла, для которого они служили. Такая же особенность отмечена в мастерской бильярского алхимика, где из 8 тиглей только 2 фрагмента, принадлежащие одному сосуду, имели стекловидный шлак. О том, что бильярский алхимик работал с золотом, свидетельствуют, в частности, пробирные камни, обнаруженные в мастерской. На некоторых из них сохранились отчетливые росчерки золота, позволившие установить высокие 850 и 950 пробы золота (Валиулина 2005, с. 156–157, рис. 44; Valiulina, 2016, р. 265–266, fig. 19a, 19b, с. 8–14). Но три бильярских тигля сохранили следы цинка и тоже не имели стекловидного шлака.

Анализ тиглей мастерской Царевского городища позволил получить данные о шлаке на их внутренней поверхности. Этот шлак обычно несет наиболее металлургически значимую информацию (Martinon-Torres, Rehren, 2007, р. 86). Результаты анализа показали присутствие серы во всех образцах в пределах 0,44–1,09%, при этом во всех пробах золотых шариков на внутренней поверхности тиглей (кроме образца № 5 (АКУ КП-358/107), где золото не обнаружено), концентрация серы в 2–3 раза выше матричной. Сам по себе факт наличия серы в глине не удивителен, ее присутствие отмечено в песке, глине и, соответственно, в продукции золотоордынских мастерских – глазури, керамике, стекле – соединения серы являются региональной геохимической особенностью сырьевой базы Нижнего Поволжья. Но увеличение количества серы в металле указывает на ее намеренную технологическую добавку. Сера

используется для очистки золота с глубокой древности до современности. Теофил упоминает серу при работе с золотом по меньшей мере в трех главах: L «Об изготовлении золотой чаши», где рекомендует использовать серу для улучшения пластичности металла, в главах LXVIII, LXIX «Как отделить золото от меди» и «Как отделить золото от серебра» (Теофил, 2008, с. 291, 320, 321). Важно, что на площадках царевских мастерских найдены кусочки серы (Р. П-1967/1968, 3/213), сера отмечена и в составе материалов мастерской алхимика в Бильяре (Valiulina, 2016). Т. Ререн на этот счет приводит мнения авторитетных исследователей и указывает на использование антимонита – сульфида сурьмы (сурьмяный блеск, или минерал стибнит Sb_2S_3) – в качестве разделяющего агента золота от серебра (Rehren, 1996, р. 138). Изотопный анализ кавказской сурьмы с целью получения доказательств ее использования в стеклоделии эпохи бронзы позволил исследователям сделать вывод, что сурьма действительно использовалась в ремесле Египта, но на Кавказе она проявила себя в золотодобыче как сопутствующий элемент в золотоносных рудах. В качестве примера можно назвать золотоносные антимонитовые руды из Рача-Лечкумского района на Кавказе (современная Грузия). Разработки этого месторождения известны с XVII в. до н. э. (Degryse et al., 2020). Естественно думать, что источники сырья из Закавказья и еще в большей степени из Средней Азии должны были обеспечивать драгоценным металлом ремесло Золотой Орды. В Средней Азии в одной только области Илака на территории Узбекистана зафиксированы сотни горных выработок, работавших начиная с эпохи бронзы до Нового времени. Важно иметь в виду, что практически все места добычи руды содержат выразительные свидетельства её обработки, получения металла и купеляции на месте. На рынок металл поступал уже в той или иной степени очищенный.

Сурьма, как и сера, присутствует в составе тигельного материала, но не зарегистрирована в золотых шариках (табл. 1). Технологической добавкой объясняется присутствие меди в составе золотых шариков на стенках тиглей. Сера, медь и значительный процент серебра в золоте могут показывать незавершенный процесс купеляции. А серебро присутствует в виде сульфида серебра в образцах № 1, 3 и 4 (табл. 2: 3, 9, 12) или нитрата серебра (Rehren, 1996, р. 140), как в образце № 2 (табл. 2: 4), где кроме большого количества серебра – 8,89%

– отмечена значительная концентрация азота – 2,96%.

Тигли ювелирных мастерских Царевско-го городища стратифицированы, обеспечены широким контекстом: технологическим, нумизматическим, бытовым; являются частью производственного комплекса в динамике его развития, в том числе в меняющейся социальной организации ремесла. Особенно важно, что ремесленный комплекс, кроме ювелирных, включал и гончарные мастерские по производству глазурованной посуды, которая и дала сравнительный материал. Все эти обстоятельства открывают большие перспективы дальнейшего исследования тиглей как части местного ремесленного производства.

Сравнительный анализ состава тигельного материала и продукции гончарной мастерской позволил установить местное происхождение тиглей, хотя известно, что эти необходимые в металлургическом производстве изделия могли быть предметом широкой торговли (Martinon-Torres, Rehren, 2009).

Состав формовочной массы тиглей, практически идентичный составу столовой посуды, не позволяет считать их в полной мере огнеупорными сосудами, корректнее назвать их технической металлургической керамикой – плавильными сосудами. Примеры подобных тиглей известны в литературе (Rehren, 1996).

Тем не менее не вполне огнеупорные царевские тигли выполняли свои функции.

Анализ ювелирных изделий, обрезков, проволоки, капель золота из мастерских показали, что царевские ювелиры-золотолитейщики успешно работали, используя золото высокой пробы. При этом привлекает внимание очевидная расточительность при работе с драгоценным металлом (наличие капель, обрезков и обломков золота), что обычно не свойственно золотых дел мастерам.

Глиняные тигли, вероятно, выполняли сами ювелиры, на это указывает их полное отсутствие на площади гончарных мастерских, расположенных рядом.

Во всех аспектах изучения синкретичной культуры Золотой Орды особую актуальность имеет выявление истоков культурных традиций. Для решения этой проблемы в ремесле и, в частности, в поисках технологических традиций в настоящее время сдерживающим фактором является отсутствие аналитических данных по материалам Центральной Азии и Закавказья. Кроме того, ближайшей задачей в этом направлении должно стать расширение комплекса методов и аналитической базы по тиглям как Царевского городища, так и других городов – ремесленных центров Золотой Орды.

Благодарности

Авторы выражают благодарность А.П. Костицыной за выполнение пробирного анализа золотых изделий и А.А. Трифонову, осуществившему сканирующий электронно-микроскопический анализ тиглей, а также Н.В. Ениосовой за ценные консультации.

ЛИТЕРАТУРА

Вайнер И.С., Кринари Г.А. Исследование образцов золота из мастерских в районе «Трех усадеб» на Царевском городище (Новый Сарай) // Города Поволжья в средние века / Отв. ред. А.П. Смирнов и Г.А. Федоров-Давыдов. М.: Наука, 1974. С. 126–129.

Валулина С.И. Стекло Волжской Булгарии (по материалам Билярского городища). Казань: Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, 2005. 280 с.

Ениосова Н.В., Ререн Т. Плавильные сосуды новгородских ювелиров // Новгородские археологические чтения – 3: Материалы международной конференции «Археология средневекового города. К 75-летию археологического изучения Новгорода» (Великий Новгород, 25–28 сентября 2007 г.) / Ред. Е.А. Рыбина. Великий Новгород: Новгородский государственный объединенный музей-заповедник, 2011. С. 243–254.

Теофил. О различных искусствах // Книга тайн. Секреты мастерства / Пер. с лат. / Сост. Николай Горелов. СПб: Азбука-Классика, 2008. С. 169–374.

Федоров-Давыдов Г.А., Вайнер И.С., Гусева Т.В. Исследование трех усадеб в восточном пригороде Нового Сарая (Царевского городища) // Города Поволжья в средние века / Отв. ред. А.П. Смирнов и Г.А. Федоров-Давыдов. М.: Наука, 1974. С. 89–127.

Bayley J., Rehren T. Towards a functional and typological classification of crucibles. In: LaNiece, S., Hook, D. and Craddock, P.T. (eds.). *Metals and Mines: Studies in Archaeometallurgy. Archetype.* British Museum: London, United Kingdom, 2007. P. 46–55.

Degryse P., Shortland A.J., Dillis S., Ham-Meert A., Leeming P. Isotopic evidence for the use of Caucasian antimony in Late Bronze Age glass making. In: *Journal of Archaeological Science* Volume 120. August 2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-archaeological-science/vol/120/suppl/C> (дата обращения 25.08.2020).

Martinon-Torres M., Rehren T. Ceramic materials in fire assay practices: a case study of 16th century laboratory equipment. In: Prudencio I. and Dias I. and Waerenborgh C. (eds.). *Understanding People through their pottery*. Instituto Portugues de Arqueologia. Lisbon, Portugal, 2005. P. 139–149.

Martinon-Torres M., Rehren T. Post-medieval crucible production and distribution: a study of materials and materialities. In: *Archaeometry*. 2009. No. 51 (1). P. 49–74.

Martinon-Torres M., Rehren T. Trials and errors in search of mineral wealth: metallurgical experiments in early colonial Jamestown. In: *Rittenhouse: the Journal of the American Scientific Instrument Enterprise*. 2007. No. 21 (66). P. 82–97.

Martinon-Torres M., Tomas N., Rehren T., Mongiatti A. Some problems and potentials of the of cupellation remains: the case of post-medieval Moutbeliard, France. In: *Archeo Sciences*. 2008. No. 32. P. 59–70.

Valiulina S.I., Bocharov S.G. Chemical and Technological Characteristics of Glazed Vessels from the Pottery Workshop of the Tsarevskoye Medieval City. In: Ankucheva N. (ed.). *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy. Proceedings of 7th Geoarchaeological Conference, Miass, Russia, 19-23 October 2020*. Springer Nature. Switzerland AG, 2022. P. 223–232.

Rehren T. Alchemy and Fire Assay—An Analytical Approach. In: *Historical Metallurgy*. Vol. 30. 1996. P. 136–142.

Valiulina S. Medieval workshop of an Alchemist, Jeweller and Glassmaker in Bilyar (Middle Volga Region, Russian Federation). In: *Pamatky Archeologicke*. 2016. No. 107. P. 237–278.

v. Osten S. *Das Alchemistenlaboratorium von Oberstockstall. Lin Fundkomplex des 16. Jahrhunderts aus Niederösterreich*. Universitätsverlag Wagner. Innsbruck, 1998. 351 s.

Информация об авторах:

Валиулина Светлана Игоревна, кандидат исторических наук, доцент, Казанский (Приволжский) федеральный университет (г. Казань, Россия); svaliulina@inbox.ru

Нуретдинова Алсу Ренатовна, заведующая Археологическим музеем, Казанский (Приволжский) федеральный университет (г. Казань, Россия); alsu_nuretdinova@inbox.ru

REFERENCES

Vainer, I. S., Krinari, G. A. 1974. In Smirnov, A. P., Fedorov-Davydov, G. A. (eds.). *Goroda Povolzh'ia v srednie veka (Towns of the Volga Region in the Middle Ages)*. Moscow: "Nauka" Publ., 126–129 (in Russian).

Valiulina, S. I. 2005. *Steklo Volzhskoi Bulgarii (po materialam Biliarskogo gorodishcha) (Glass of Volga Bulgaria: by materials of the Bilyar Fortified Settlement)*. Kazan: Kazan State University (in Russian).

Valiulina, S. I., Bocharov, S. G. 2022. In Ankucheva N. (ed.). *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy. Proceedings of 7th Geoarchaeological Conference, Miass, Russia, 19-23 October 2020*. Springer Nature. Switzerland AG, 223–232 (in English).

Theophilus Presbyter. 2008. In Nikolay Gorelov (ed.). *Kniga tain. Sekrety masterstva (Book of Mysteries. Secrets of Craftmanship)*. Saint Petersburg: "Azбука-Klassika" Publ., 169–374 (in Russian).

Fedorov-Davydov, G. A., Vainer, I. S., Guseva, T. V. 1974. In Smirnov, A. P., Fedorov-Davydov, G. A. (eds.). *Goroda Povolzh'ia v srednie veka (Towns of the Volga Region in the Middle Ages)*. Moscow: "Nauka" Publ., 89–127 (in Russian).

Bayley, J., Rehren, T. 2007. In LaNiece, S., Hook, D. and Craddock, P.T. (eds.). *Metals and Mines: Studies in Archaeometallurgy. Archetype*. British Museum: London, United Kindom, 46–55 (in English).

Degryse, P., Shortland, A. J., Dillis, S., Ham-Meert, A., Leeming, P. 2020. In *Journal of Archaeological Science*. Volume 120. August Available at: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-archaeological-science/vol/120/suppl/C> (accessed 25.08.2020).

Martinon-Torres, M., Rehren, T. 2005. In Prudencio I. and Dias I. and Waerenborgh C. (eds.). *Understanding People through their pottery*. Instituto Portugues de Arqueologia. Lisbon, Portugal, 139–149 (in English).

Martinon-Torres, M., Rehren, T. 2009. In *Archaeometry*. 51 (1), 49–74 (in English).

Martinon-Torres, M., Rehren, T. 2007. In *Rittenhouse: the Journal of the American Scientific Instrument Enterprise*. 21 (66), 82–97 (in English).

Martinon-Torres, M., Tomas, N., Rehren, T., Mongiatti, A. 2008. In *Archeo Sciences*. 32, 59–70 (in English).

v. Osten, S. 1998. *Das Alchemistenlaboratorium von Oberstockstall. Lin Fundkomplex des 16. Jahrhunderts aus Niederösterreich*. Universitätsverlag Wagner. Innsbruck (in German).

Reren T. Alchemy and Fire Assay—An Analytical Approach. In: *Historical Metallurgy*. Vol. 30. 1996. P. 136-142.

Valiulina, S. 2016. In *Pamatky Archeologicke*. 107, 237–278 (in English).

Eniosova, N. V., Reren, T. 2011. In Rybina, E. A. (ed.). *Novgorodskie arkheologicheskie chteniia – 3: Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Arkheologiia srednevekovogo goroda. K 75–letiiu arkheologicheskogo izucheniia Novgoroda» (Velikii Novgorod, 25–28 sentiabria 2007 g.) (Novgorod Archaeological Readings –3: Proceedings of the International Conference “Archaeology of the Medieval City. The 75th Anniversary of the Archaeological Study of Novgorod” (Veliky Novgorod, September 25-28, 2007))*. Veliky Novgorod: Novgorod State United Museum-Reserve, 243–254 (in Russian).

About the Authors:

Valiulina Svetlana I. Candidate of Historical Sciences, Associate Professor. Kazan (Volga Region) Federal University. Kremlyovskaya St., 18, Kazan, 420008, Republic of Tatarstan, Russian Federation; svaliulina@inbox.ru

Nuretdinova Alsou R. Archaeological museum, Kazan (Volga Region) Federal University. Kremlyovskaya St., 18, Kazan, 420008, Republic of Tatarstan, Russian Federation; alsu_nuretdinova@inbox.ru

Статья поступила в журнал 01.12.2021 г.

Статья принята к публикации 01.02.2022 г.

Авторы внесли равноценный вклад в работу.