
АРХЕОЛОГИЯ

АРХЕАЛОГИЯ

ARCHAEOLOGY

УДК 930.26

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС ПОСЕЛЕНИЯ АБИДНЯ ПОЗДНЕРИМСКОГО ВРЕМЕНИ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

О. С. РУМЯНЦЕВА¹⁾, И. А. САПРЫКИНА¹⁾, А. Н. БЕЛИЦКАЯ²⁾

¹⁾Институт археологии Российской академии наук, ул. Ульянова, 19, 117292, г. Москва, Россия

²⁾Институт истории НАН Беларуси, ул. Академическая, 1, 220072, г. Минск, Беларусь

Проверяется гипотеза о том, что поселение киевской культуры Абидня в Могилёвской области Беларуси является местом производства предметов круга восточноевропейских выемчатых эмалей. Проведено комплексное изучение свидетельств производства, выявленных на памятнике. Проанализирована морфология тиглей, с помощью методов рентгенофлуоресцентного анализа и сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализатором изучены химический состав их поверхности, остатки содержимого, исследованы планиграфия находок, которые могли быть связаны с производством (тиглей, льячек, литейных форм, бус красного глухого стекла (возможного сырья для эмалей)), отходы производства и др. Полученные данные не подтверждают выдвинутую ранее гипотезу об эмальерном производстве на этом поселении. Сделан вывод о том, что все изученные находки связаны с плавкой (переплавкой) и литьем сплавов на основе меди, содержащих цинк, олово, свинец. Среди них могли быть латунь, бронза, многокомпонентные медные сплавы.

Ключевые слова: киевская культура; восточноевропейские выемчатые эмали; поздне римское время; литейное производство; тигли; латунь; бронза; сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионным анализатором; рентгенофлуоресцентный анализ.

Образец цитирования:

Румянцова ОС, Сапрыкина ИА, Белицкая АН. Производственный комплекс поселения Абидня поздне римского времени: первые результаты комплексного исследования. *Журнал Белорусского государственного университета. История.* 2022;2:73–94. <https://doi.org/10.33581/2520-6338-2022-2-73-94>

For citation:

Rumyantseva OS, Saprykina IA, Belitskaya AN. Manufacturing complex of the Abidnya settlement of the late Roman time: first results of the interdisciplinary research. *Journal of the Belarusian State University. History.* 2022;2: 73–94. Russian. <https://doi.org/10.33581/2520-6338-2022-2-73-94>

Авторы:

Ольга Сергеевна Румянцова – научный сотрудник.
Ирина Анатольевна Сапрыкина – научный сотрудник.
Анна Николаевна Белицкая – научный сотрудник.

Authors:

Olga S. Rumyantseva, researcher.
o.roumiantseva@mail.ru
Irina A. Saprykina, researcher.
dolmen200@mail.ru
Anna N. Belitskaya, researcher.
hannabelitskaya@gmail.com



Благодарность. Выражаем благодарность хранителю коллекции археологии отдела древнебелорусской культуры Центра исследований белорусской культуры, языка и литературы Национальной академии наук Беларуси О. А. Воронниковой и научному сотруднику Национального исторического музея Республики Беларусь В. Н. Тарасевич за возможность ознакомиться с материалами поселения Абидня. Также мы очень признательны А. А. Трифонову («Карл Цейсс», Москва) и Е. А. Сапрыкину (Объединенный институт ядерных исследований, Дубна) за изучение состава поверхности и содержимого тиглей из поселения Абидня. Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-09-40093).

ВЫТВОРЧЫ КОМПЛЕКС ПАСЯЛЕННЯ АБІДНЯ ПОЗНЕРЫМСКАГА ЧАСУ: ПЕРШЫЯ ВЫНІКІ КОМПЛЕКСНАГА ДАСЛЕДАВАННЯ

А. С. РУМЯНЦАВА^{1*}, І. А. САПРЫКІНА^{1*}, А. М. БЯЛІЦКАЯ^{2*}

^{1*} Інстытут археалогіі Расійскай акадэміі навук, вул. Ульянава, 19, 117292, г. Масква, Расія

^{2*} Інстытут гісторыі НАН Беларусі, вул. Акадэмічная, 1, 220072, г. Мінск, Беларусь

Правяраецца гіпотэза аб тым, што пасяленне кіеўскай культуры Абідня ў Магілёўскай вобласці Беларусі з'яўляецца месцам вытворчасці прадметаў круга ўсходнееўрапейскіх выемкавых эмалей. Праведзена комплекснае вывучэнне выяўленых на помніку сведчанняў вытворчасці. Прааналізавана марфалогія тыглей, з дапамогай метадаў рэнтгена-флуарэсцэнтнага аналізу і сканавальнай электроннай мікраскапіі з энергадысперсійным аналізатарам даследаваны хімічны склад іх паверхні, а таксама рэшткі змесціва, вывучаны планіграфія знаходак, якія маглі быць звязаны з вытворчасцю (ліцейных форм, караляў чырвонага глухага шкла (магчымай сыравіны для эмалей)), адходы вытворчасці і інш. Робіцца выснова аб тым, што атрыманыя даныя не пацвярджаюць вылучаную раней гіпотэзу аб эмальернай вытворчасці ў гэтай мясцовасці. Усе вывучаныя знаходкі звязаны з плаўкай (пераплаўкай) і ліццём сплаваў на аснове медзі, якія змяшчаюць цынк, волава, свінец. Сярод іх маглі быць латунь, бронза, шматкампанентныя медныя сплавы.

Ключавыя словы: кіеўская культура; усходнееўрапейскія выемчатныя эмалі; познерымскі час; ліцейная вытворчасць; тыглі; латунь; бронза; сканавальная электронная мікраскапія з энергадысперсійным аналізатарам; рэнтгенафлуарэсцэнтны аналіз.

Падзяка. Выказваем падзяку захавальніку калекцыі археалогіі аддзела старажытнабеларускай культуры Цэнтра даследаванняў беларускай культуры, мовы і літаратуры Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі А. А. Варатніковай і навуковаму супрацоўніку Нацыянальнага гістарычнага музея Рэспублікі Беларусь В. М. Тарасевіч за магчымасць азнаёміцца з матэрыяламі пасялення Абідня. Мы таксама вельмі ўдзячны А. А. Трыфанаву («Карл Цейс», Масква) і А. А. Сапрыкіну (Аб'яднаны інстытут ядерных даследаванняў, Дубна) за вывучэнне складу паверхні і змесціва тыглей з пасялення Абідня. Артыкул падрыхтаваны пры фінансавай падтрымцы Расійскага фонду фундаментальных даследаванняў (праект № 18-09-40093).

MANUFACTURING COMPLEX OF THE ABIDNYA SETTLEMENT OF THE LATE ROMAN TIME: FIRST RESULTS OF THE INTERDISCIPLINARY RESEARCH

O. S. RUMYANTSEVA^a, I. A. SAPRYKINA^a, A. N. BELITSKAYA^b

^aInstitute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, 19 Ul'yanov Street, Moscow 117292, Russia

^bInstitute of History, National Academy of Sciences of Belarus, 1 Akademichnaja Street, Minsk 220072, Belarus

Corresponding author: O. S. Rumyantseva (o.roumyantseva@mail.ru)

The Abidnya settlement of the Kievskaya archaeological culture, located in the Mogilev Region of Belarus, was earlier considered as a manufacturing centre for the Eastern European enamelled objects. An interdisciplinary research of the evidence for the production metal objects has been carried out in the course of our project. It has included the morphological analysis of the crucibles; the study of the chemical composition of their surface and content with the portable X-ray fluorescence analysis and scanning electron microscopy with energy dispersive spectroscopy; the surface distribution of the finds, which could be related to the industrial complex – crucibles, smelting lances, casting moulds, beads of red opaque glass – possible raw materials for enamelling, production wastes etc. According to the results of our study, the evidence for the enamelling

cannot be attested on the site. All the studied finds are related to the melting (remelting) and casting of the copper-based alloys, containing zinc, tin, lead. Brass, bronze and multicomponent copper alloys could have been among them.

Keywords: Kiev archaeological culture; Eastern European champlevé enamels; late Roman period; casting; crucibles; brass; bronze; scanning electron microscopy with energy dispersive spectroscopy; portable X-ray fluorescence analysis.

Acknowledgements. We are very grateful to O. A. Vorotnikova, the conservator of the archaeological collection of the department of old Belarusian culture of the Center of studies of Belarusian culture, language and literature of the National Academy of Sciences of Belarus and to V. N. Tarasevich, the research fellow of the National Historical Museum of the Republic of Belarus for the kind assistance in work with the collections from Abidnya. We are also thankful to A. A. Trifonov («Carl Zeiss», Moscow) and E. A. Saprykin (Joint Institute for Nuclear Research, Dubna) for the study of the chemical composition of the Abidnya's crucibles' surface and content. The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (research project No. 18-09-40093).

Введение

Археологический комплекс около д. Адаменки в ур. Абидня Быховского района Могилёвской области хорошо известен в Беларуси и за ее пределами. Его материалы стали эталонными для характеристики материальной культуры населения Верхнего Поднепровья второй четверти I тыс. н. э. Среди происходящих из поселения Абидня материалов особенный интерес представляют находки, связанные с производственным комплексом, который изучен экспедицией Л. Д. Побоя [1, с. 424–441]. Исследователи определяли его как бронзолитейный и эмальерный комплекс, связывая с производством на памятнике украшений круга восточноевропейских выемчатых эмалей. Возможность изготовления изделий данного круга в поселении Абидня обсуждалась и позже [2, с. 199–200; 3, с. 326–327]. Высказывалось также предположение о связи с местным эмальерным производством уплощенных бус красного глухого стекла, состав которых близок составу эмалей

[1, с. 425, 436]. В то же время предложенная Л. Д. Побоя и В. Д. Наумовым интерпретация находок дискуссионна, а полная публикация комплекса до сих пор отсутствует. Это заставило нас вновь обратиться к материалам ур. Абидня и провести анализ отдельных категорий находок, прежде всего тиглей, наиболее многочисленных на поселении. В статье рассмотрены их морфология, планиграфическое распределение и химический состав остатков содержимого. Среди задач исследования – уточнение вероятного характера производства, свидетельства которого выявлены в ур. Абидня, а также его возможной связи с изготовлением украшений круга восточноевропейских выемчатых эмалей. Нами изучены материалы, хранящиеся в фондах Института истории Национальной академии наук Беларуси, Национальном историческом музее Республики Беларусь и Центре исследований белорусской культуры, языка и литературы Национальной академии наук Беларуси.

Археологический контекст

Поселение Абидня расположено на трех песчаных всхолмлениях высотой 2–4 м в пойме левого берега р. Адаменки, правого притока р. Днепр. Находки на планах распределения обозначены буквами А, В, С (рис. 1–3). Памятник был открыт в 1960 г. Л. Д. Побоя, который исследовал его в течение шести лет [4–10]. Значительная часть материалов введены в научный оборот Л. Д. Побоя и А. В. Ильютин [11, с. 168–184; 12–18; 19, с. 198–247]. Раскопки производились на трех участках, на каждом из них получены близкие в типологическом отношении материалы. Площадь селища длительное время распаивалась, поэтому культурный слой на возвышенных местах сильно разрушен. На пониженных участках у поймы р. Адаменки он сохранился хорошо и достигал 0,6–0,8 м. Общая площадь селища занимала 6–7 га, раскопками изучено более 1,5 га

(16 404 м²). Здесь обнаружены остатки 30 жилищ¹, 28 из них имели полуземляночную конструкцию, жилище № 3 – наземную столбовую [11, с. 171; 12, с. 102–153; 13, с. 124–142]. В плане жилые постройки квадратные или прямоугольные, площадью от 6 до 16 м². Очаги у большинства полуземлянок открытые. На поселении также изучены ямы различного назначения и очаги.

На поселении в ур. Абидня были развиты разнообразные домашние промыслы, в том числе получение железа из болотных руд, кузнечное и бронзолитейное дело. Изучены объекты, которые можно рассматривать как производственные постройки. В одной из них в скоплении шлаков и докрасна обожженной глины была найдена железная крица [19, с. 200]. На памятнике также обнаружено скопление руды.

¹Нумерация жилищ поселения в ур. Абидня в научных публикациях соответствует полевой, той, которая была дана Л. Д. Побоя в отчетах № 1–22 и 24–30 (жилище № 23 отсутствует на планах и в описаниях отчетов). Жилища № 12 и 30 построены на месте сгоревших построек № 11 и 29. Их котлованы, по определению Л. Д. Побоя, совпадали [4; 10].

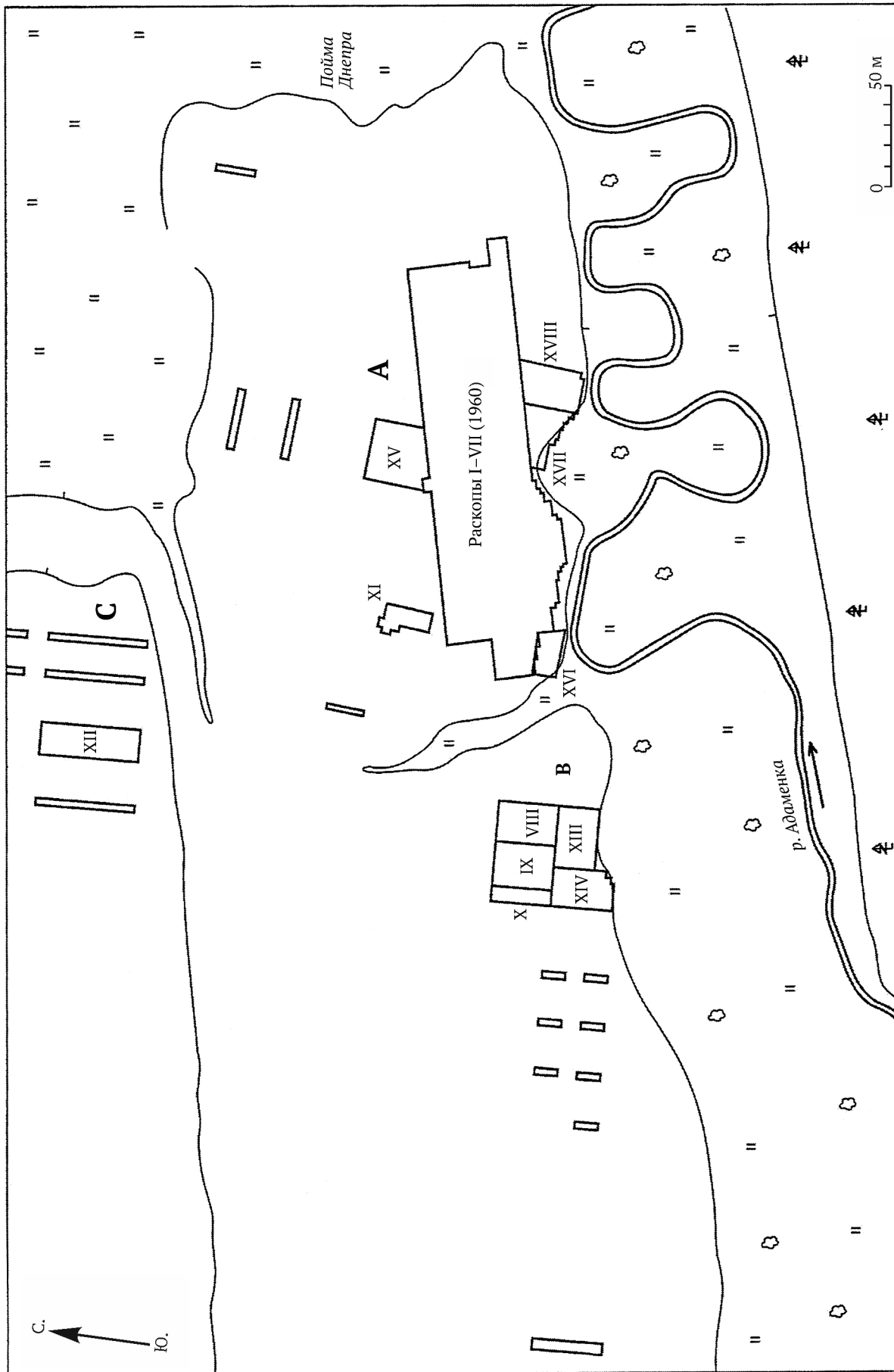


Рис. 1. Поселение Абидня: план участка А с обозначенными местами обнаружения предметов, связанных с обработкой цветных металлов, и утолщенных параллелепипедных бус красного грубого стекла.
Источник: [19, рис. 1]

Fig. 1. The plan of the Abidnya settlement with excavations by the expedition of L. D. Pabol' in 1960–1967.
Source: [19, fig. 1]

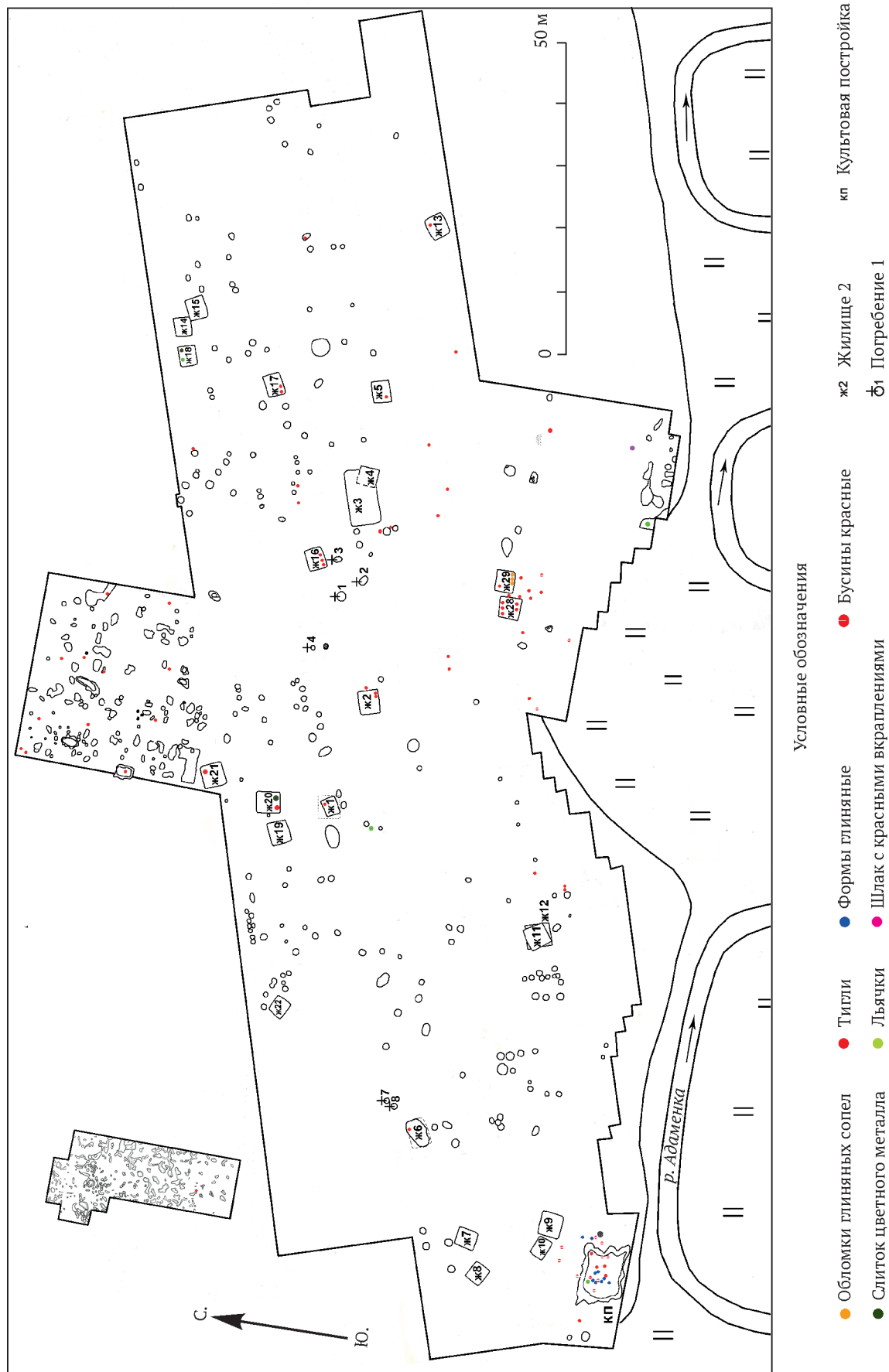
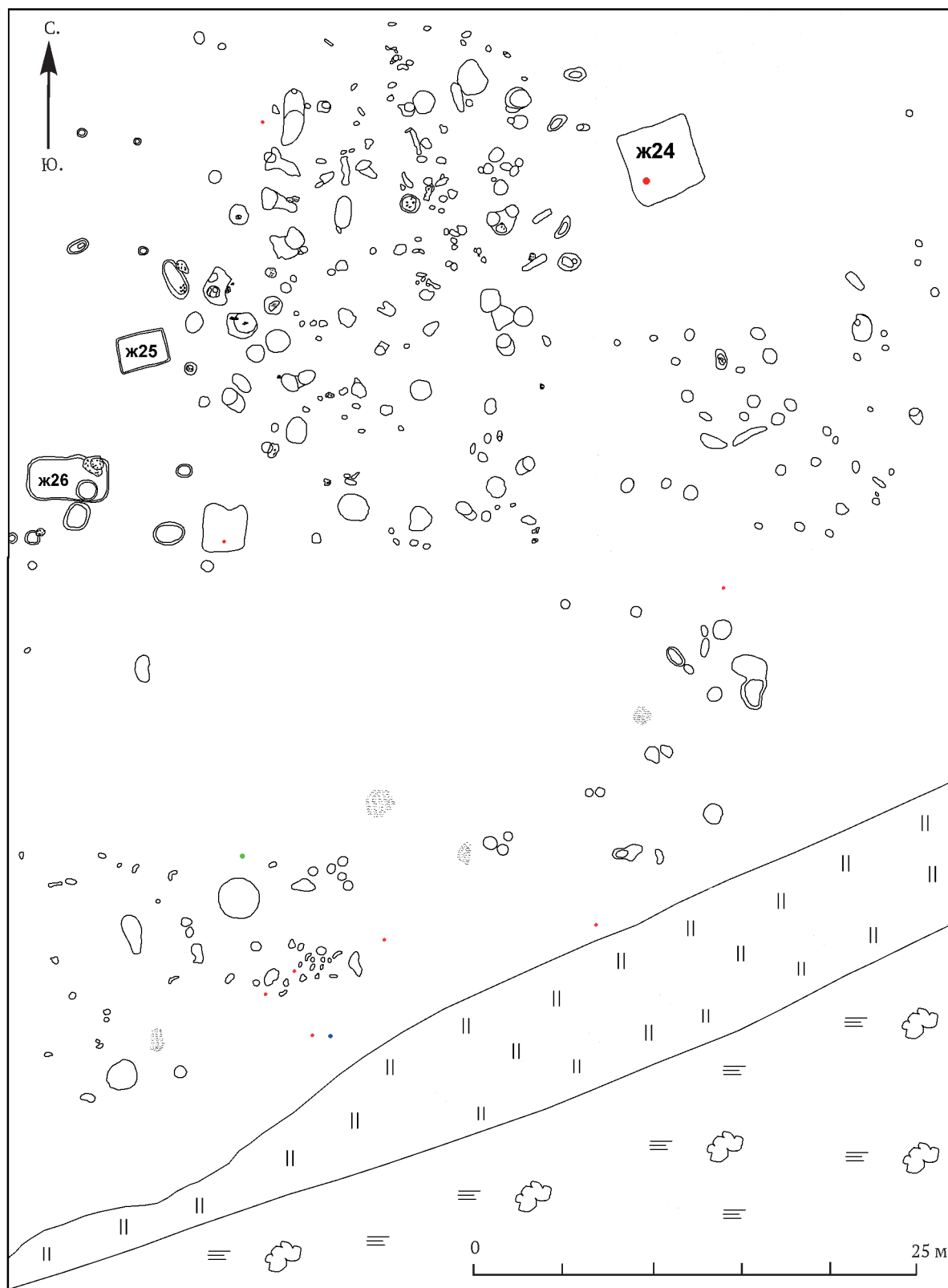


Рис. 2. Поселение Абидня: план участка А с обозначенными местами находок, связанных с обработкой цветных металлов, и уплотненных параллелепipedных бус красного стекла.

Источники: [4; 5; 9; 10]

Fig. 2. Abidnya settlement: plan of the sector A with marked places of finds related to the non-ferrous metal working, and of flattened prismatic beads of red glass.

Sources: [4; 5; 9; 10]



Условные обозначения

ж24 Жилище 24

● Тигли

● Льячки

● Формы глиняные

Рис. 3. Поселение Абидня: план участка В с обозначенными местами находок, связанных с обработкой цветных металлов.

Источники: [5–8]

Fig. 3. Abidnya settlement: plan of the sector B with marked places of finds related to the non-ferrous metal working.

Sources: [5–8]

Среди вещевого материала – предметы из глины, железа, стекла, камня и кости, а также внушительная коллекция изделий из цветного металла: многочисленные подвески, браслеты, свернутые трубочки с орнаментом. Можно полагать, что многие из них изготавливались на месте, о чем свидетельствуют предметы, связанные с бронзолитейным производством (тигли, льячки, формочки).

Л. Д. Поболь считал, что поселение около д. Адаменки существовало на протяжении примерно четырех столетий, со II по V в. н. э. Исследователь предложил отнести группу памятников, распространенных на территории Белорусского Поднепровья во второй четверти I тыс. н. э. и имеющих общие характерные черты в домостроении, погребальном обряде, изготовлении определенных

форм керамики и других изделий, к позднему этапу зарубинецкой культуры, или культуре типа ур. Аби́дня [11, с. 171–173]. Однако это мнение было не единственным. В. Н. Даниленко отнес материалы типа ур. Аби́дня к памятникам киевского типа. Его поддержали А. Г. Митрофанов, Р. В. Терпиловский [20, с. 66; 21, с. 118; 22, с. 95–97]. Р. В. Терпиловский разделил киевскую культуру на локальные варианты и включил в верхнеднепровский вариант памятники Белорусского Поднепровья, Нижнего и Среднего Посожья, нижнего течения р. Березины. В настоящее время ряд исследователей относят материалы поселения Аби́дня к верхнеднепровскому варианту киевской культуры, датируя их концом II (III) – началом IV в. [19, с. 242–243; 23, с. 84–85; 24, с. 290–298].

Методика аналитического исследования

Анализ сохранившегося содержимого и поверхности тиглей выполнялся с помощью метода сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализатором (СЭМ-ЭДС) и рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) (табл. 1 и 2).

Наиболее репрезентативная выборка (29 фрагментов тиглей и льячек из фондов Института истории НАН Беларуси) изучалась неразрушающим методом безэталонного РФА. Исследование выполнено с применением приборной базы Центра коллективного пользования научным оборудованием для археометрических измерений при Институте археологии РАН (аналитик – И. А. Сапрыкина). Анализ проведен с использованием портативного РФА-спектрометра Tracer 5i (Bruker, Германия) с помощью метода измерения *geoexploration*. Анализ был качественным или полуквантитативным (сложная геометрия образцов не позволила получить количественные значения по содержанию металлов в тиглях и льячках). Результаты представлены в табл. 2.

Методом СЭМ-ЭДС изучены 7 образцов. Данный метод более надежен при определении легких элементов, в первую очередь натрия, который методом РФА определить не удалось. Исследование проведено на сканирующем электронном микроскопе EVO LS 10 (Carl Zeiss, Германия), оснащенном энергодисперсионным рентгеноспектральным анализатором Aztek X-Max (Oxford Instruments, Великобритания), в Научно-исследовательском институте глазных болезней имени Гельмгольца (аналитик – А. А. Трифонов).

Дополнительный анализ одного из образцов был выполнен на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 (Tescan, Чехия) с детектором EDS (Oxford Instruments, Великобритания) в Лаборатории радиационной биологии Объединенного института ядерных исследований (аналитик – Е. А. Сапрыкин). Ускоряющее напряжение составило 15 кВ, энергетический диапазон – 20 кэВ.

Характеристика материалов, связанных с производством

Керамические тигли являются самой массовой находкой, связанной с производственным комплексом ур. Аби́дня. На поселении найдено до двух десятков целых форм и более 100 фрагментов тиглей высотой 4–7 см с толщиной стенок от 0,5–0,7 до 1,0–1,5 см [1, с. 425; 19, с. 214, рис. 14].

При работе с коллекцией нам удалось изучить 72 тигля, в том числе 4 полные формы и 68 фрагментов, выполненных из огнеупорной керамики, включая мелкие обломки сосудов неопределимой формы (рис. 4 и 5).

Среди определимых форм выделяются два типа тиглей. Первый, более многочисленный (см. рис. 4: 2, 3, 7, рис. 5: 5–7) тип представлен изделиями треугольной в поперечном сечении формы, на одном из углов которых располагается плоская вертикальная ручка, предназначенная, очевидно, для захвата ти-

гля инструментом, на некоторых из них ручка отсутствует (см. рис. 4: 4, рис. 5: 5). Изделия представлены 3 полными формами, высота которых составляет 4,5–6,5 см, ширина граней по венчику – 4,0–5,5 см. Сохранились фрагменты еще 14 изделий. Толщина стенок тиглей этой формы составляет 6–9 мм, дна – 5,5–23,0 мм. На территории Беларуси тигли подтреугольной формы в период римских влияний известны только на поселениях Аби́дня и Тайманово [21, рис. 22: 17, 75, рис. 51: 2; 11, рис. 60: 4, 5].

Тигли второго типа (см. рис. 4: 1, 8, 9, рис. 5: 1–4) имеют цилиндрическую форму тулова и округлое дно. Они представлены 1 целым экземпляром высотой 6,7 см и диаметром края 4,0 см, а также 5 фрагментами, толщина стенок составляет 8–9 мм, в придонной части – до 10 мм.

Форма остальных фрагментов не определяется.



Условные обозначения:

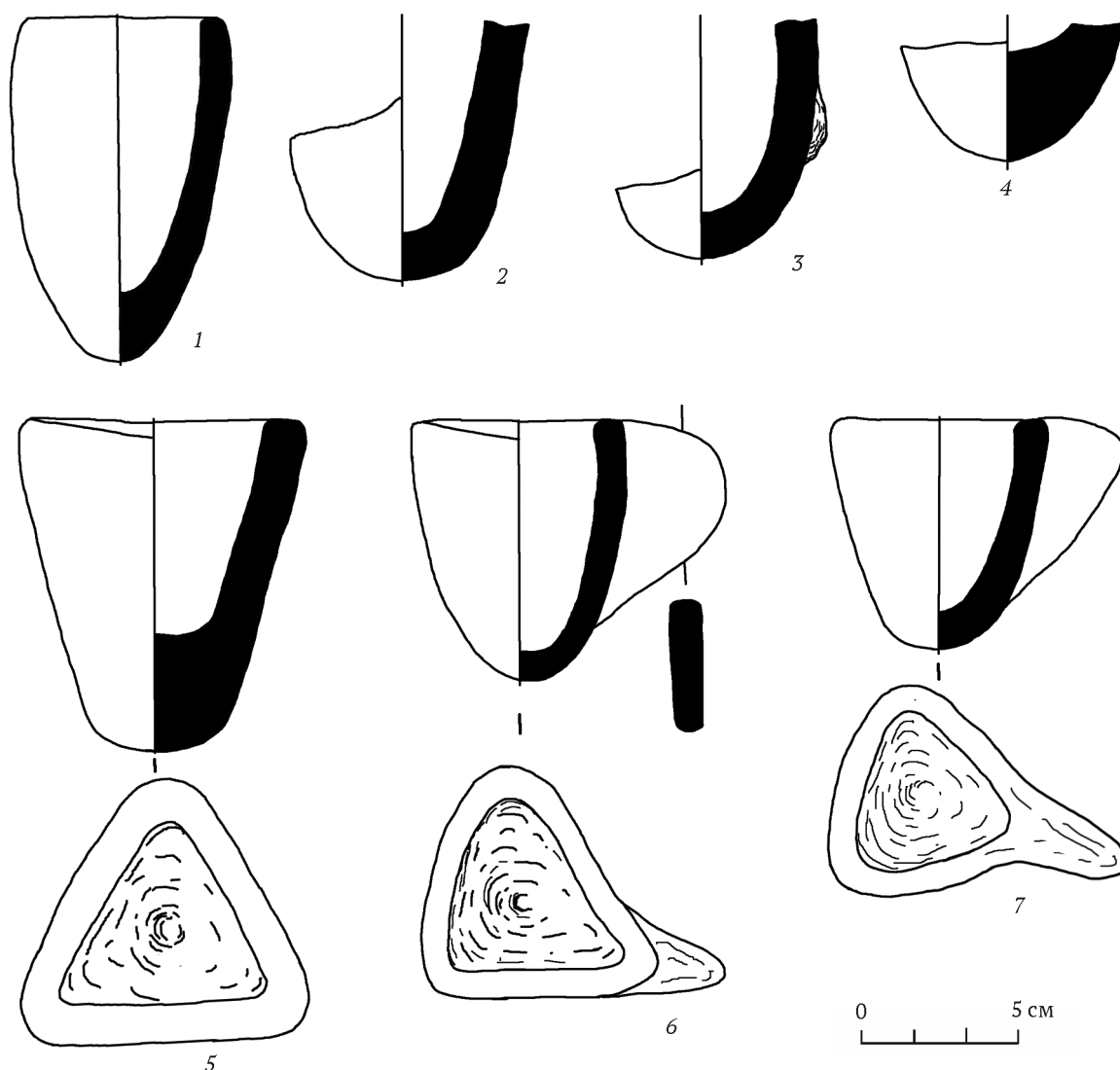
- 1 – А – 808/7; 2 – А – 808/6;
 3 – А – 808/2 (1960 г., квадрат 1761, № 2331 (?);
 4 – 1960 г., жилище № 21, глубина – 0,5 м, № 32782;
 5 – КП 4178/1467; 6 – квадрат 116 (?), № 23524;
 7 – КП 4178/81 (1960 г., жилище № 5, глубина 0,6 см);
 8 – КП 4178/1467; 9 – КП 4178/73 (1960 г., из выброса)

Места хранения:

- 1–4 – Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы НАН Беларуси;
 5, 7–9 – Национальный исторический музей Республики Беларусь; 6 – Институт истории НАН Беларуси

Рис. 4. Тигли с поселения Абидня
 (фото О. С. Румянцевой, компьютерная обработка Д. В. Щепоткина)

Fig. 4. Crucibles from the Abidnya settlement
 (photo by O. S. Rumyantseva, computer processing by D. V. Shchepotkin)



Условные обозначения:

1 – А – 808/7; 2 – 1960 г., № 37; 3 – КП 4178/1467;
4 – КП 4178/78, жилище № 5; 5 – 1960 г., жилище № 21, глубина 0,5 м, № 32782;
6 – А – 808/2 (1960 г., квадрат 1761, № 2331 (?); 7 – А – 808/6

Места хранения:

1, 5–7 – Центр исследований белорусской культуры, языка и литературы НАН Беларуси;
2–4 – Национальный исторический музей Республики Беларусь

Рис. 5. Тигли с поселения Абидня (рисунок О. С. Румянцевой)
Fig. 5. Crucibles from the Abidnya settlement (drawing by O. S. Rumyantseva)

Л. Д. Поболь и В. Д. Наумов отмечали, что «обилие тиглей, на которых заметны следы стеклообразной массы, позволяет предполагать, что стекло для бус и эмалей варилось на месте» [1, с. 437]. Однако детальное изучение коллекции позволяет скорректировать данный тезис. Главная особенность, которая отличает подавляющее большинство обследованных тиглей, – отсутствие следов содержимого на их внутренней поверхности. При этом внешняя поверхность большинства находок несет следы воздействия огня или высоких тем-

ператур: в большинстве случаев она ошлакована и имеет черный или зеленовато-серый цвет, в редких случаях – участки красного цвета. По виду она действительно напоминает покрытие стеклообразной массой. Внутренняя поверхность тиглей в большинстве случаев чистая, следы содержимого на ней фиксируются редко. Остатки содержимого (окислы медных сплавов) зафиксированы лишь в одном из цилиндрических тиглей (см. рис. 4: 8, рис. 5: 3, табл. 1 (Абидня-9а, Абидня-9б, Абидня-9в), рис. 5: 4).

На треугольных тиглях возможные следы содержимого также читаются в единичных случаях. Лишь у 2 изделий данного типа внутренняя поверхность полностью ошлакована, имеет пористую структуру бежево-коричневого или красного оттенка (см. табл. 1 (Абидня-6)). На стенках 2 изделий изнутри зафиксирована капля (судя по цвету, медного сплава), а также натеки, не образующие сплошного слоя, внешне напоминающие медные окислы. На одном из треугольных тиглей читается натек снаружи (см. табл. 1 (Абидня-7)). Капля, по виду напоминающая медный окисел, зафиксирована в одном случае на ручке, оставшейся от треугольного тигля.

Еще 2 фрагмента неопределенной формы ошлакованы и снаружи, и изнутри.

Стекловидный слой во всех случаях очень тонкий, что характерно для керамики, испытывавшей воздействие высокой температуры. В тиглях, в которых варилось или разогревалось стекло, обычно присутствует более массивный его слой.

Помимо тиглей, на поселении зафиксированы также льячки, среди которых А. В. Ильютик выделила два типа, различающихся формой и наличием или отсутствием слива [19, с. 212].

Исследователи интерпретировали 11 изделий как обломки литейных форм. Лишь на одной находке (рис. 6) полностью сохранилась литейная полость [19, с. 215–216, рис. 13: 2].

В коллекции содержатся также 2 фрагмента кирпича с ошлакованной стекловидной поверхностью, которые могли принадлежать производственной печи. Определить вид производства, с которым они связаны, невозможно.

Среди материалов ур. Абидня присутствует еще ряд находок, которые могут свидетельствовать о бронзолитейном производстве: слитки цветного металла (жилища № 18 и 20), фрагменты глиняных сопел (жилище № 29) [10], некоторое количество так называемого лома цветного металла в широком понимании этого термина [19, с. 213]. Их на-

ходки приурочены преимущественно к заполнениям жилищ и площадкам вокруг них (см. рис. 2 и 3) [19, с. 280–281].

Анализ планиграфии находок, связанных с производством цветных металлов (слитки, тигли, льячки, формы), показал, что на изученных площадях поселения – всхолмлениях А и В (см. рис. 1), значительное их количество выявлено в заполнении жилищ (№ 1, 2, 5, 6, 13, 16, 17, 18, 20, 21, 24) либо в непосредственной близости от них (см. рис. 2 и 3). Известны случаи нахождения тиглей и льячек в хозяйственных ямах. Больше всего их зафиксировано в постройке из раскопа XVI, которую Л. Д. Поболь и А. В. Ильютик интерпретировали как объект культового характера [9; 19, с. 280–281, рис. 13]. Следы постройки (см. рис. 2) обнаружены на краю террасы, в 4–5 м к югу от жилищ № 9 и 10. На уровне материка изучена яма прямоугольной формы с неровными краями (10 × 6 м), глубина которой достигала более 0,4 м. В культурном слое над ней выявлено большое количество мелких кальцинированных костей. В культурном слое над ямой и в ее заполнении найдены 7 глиняных форм, 5 тиглей и льячка, а также украшения, бусы и предметы быта. Обломок тигля и 2 фрагмента форм найдены также в культурном слое поселения около постройки.

Наиболее яркие свидетельства бронзолитейного производства, зафиксированные при анализе состава содержимого тиглей методом РФА, происходят из жилища № 28. Оно расположено рядом с сооружением № 29, из которого происходят находки глиняных сопел, связанных со специальным теплотехническим сооружением, необходимым для бронзолитейного производства. В районе этих 2 сооружений отмечена также повышенная концентрация тиглей (см. рис. 2). Сооружения № 28 и 29 представляют собой полуземлянки, исследованные на всхолмлении А в 1966 г. в раскопе XVII (см. рис. 2 и 7).

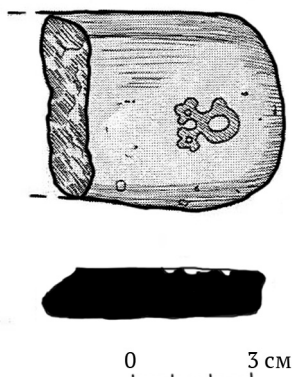


Рис. 6. Фрагмент литейной формы.
Источник: [19, рис. 13]

Fig. 6. Casting mould fragment.
Source: [19, fig. 13]

Химический состав содержимого тиглей и поверхности тиглей и кирпичей, мас. %

Table 1

Chemical composition of the surface and the content of the crucibles and bricks studied with SEM-EDS technique, wt. %

№ п/п	Шифр пробы	Номер по описи, место нахождения	Место отбора пробы	Описание пробы	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Cu	Zn	As	Sn	Pb
1	Абидня-5	Квадрат 1116 (?), № 23524	Ошлакованная поверхность тигля (?), форма не определена	«Глазурь» красного цвета	1,80	1,13	10,75	57,68	1,09	9,19	6,39	0,28	0,52	4,04	4,06	1,42	<0,1	0,22	0,40
2	Абидня-6	КП 4178/80*, жилище № 5, глубина 0,5 м	Внутренняя поверхность треугольного тигля	Ошлакованная поверхность красного цвета	0,74	2,21	24,71	57,80	1,56	4,64	2,01	0,88	0,19	5,65	0,14	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
3	Абидня-7	КП 4178/43*, жилище № 1, глубина 0,65 м	Внешняя поверхность тигля	Натек красного цвета	0,42	1,29	3,50	58,72	0,39	11,89	15,78	0,18	0,44	7,56	0,46	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
4	Абидня-8	КП 4178 (?)*	Внешняя поверхность тигля, форма не определена	Натек на ошлакованной внешней поверхности	1,29	0,00	6,80	66,70	0,50	11,62	3,40	0,23	0,08	2,18	5,53	<0,1	<0,1	0,57	<0,1
5	Абидня-9а	КП 4178/1467*	Содержимое цилиндрического тигля, (участок 1)	Окисел зеленого цвета	2,50	1,77	6,99	15,57	4,78	0,21	2,44	<0,1	0,36	1,79	9,80	41,38	<0,1	<0,1	<0,1
6	Абидня-9б	КП 4178/1467*	Содержимое цилиндрического тигля, (участок 2)	Окисел зеленого цвета	4,50	1,59	4,61	22,95	3,48	0,23	2,69	<0,1	0,39	1,24	6,27	40,55	<0,1	0,09	<0,1
7	Абидня-9в	КП 4178/1467*	Содержимое цилиндрического тигля (участок 3)	Окисел зеленого цвета	0,00	0,00	7,31	10,82	14,28	0,27	5,92	0,18	0,28	1,84	30,04	14,59	0,73	1,31	0,82
8	Абидня-10	КП 4178/2196*, жилище № 4, глубина 0,4–0,5 м	Кирпич	Остеклованная поверхность	0,43	0,95	9,77	40,94	2,29	17,51	13,56	0,37	0,28	15,44	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
9	Абидня-11	КП 4178/1498*	Кирпич	Остеклованная поверхность	0,90	1,18	8,92	53,09	0,25	12,90	9,25	0,83	0,76	13,21	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Примечание. Звездочкой обозначены данные, представленные по описи Национального исторического музея Республики Беларусь. Приведены средние значения, полученные по трем измерениям. Анализ проведен А. А. Трифоновым. Метод анализа – СЭМ-ЭДС.

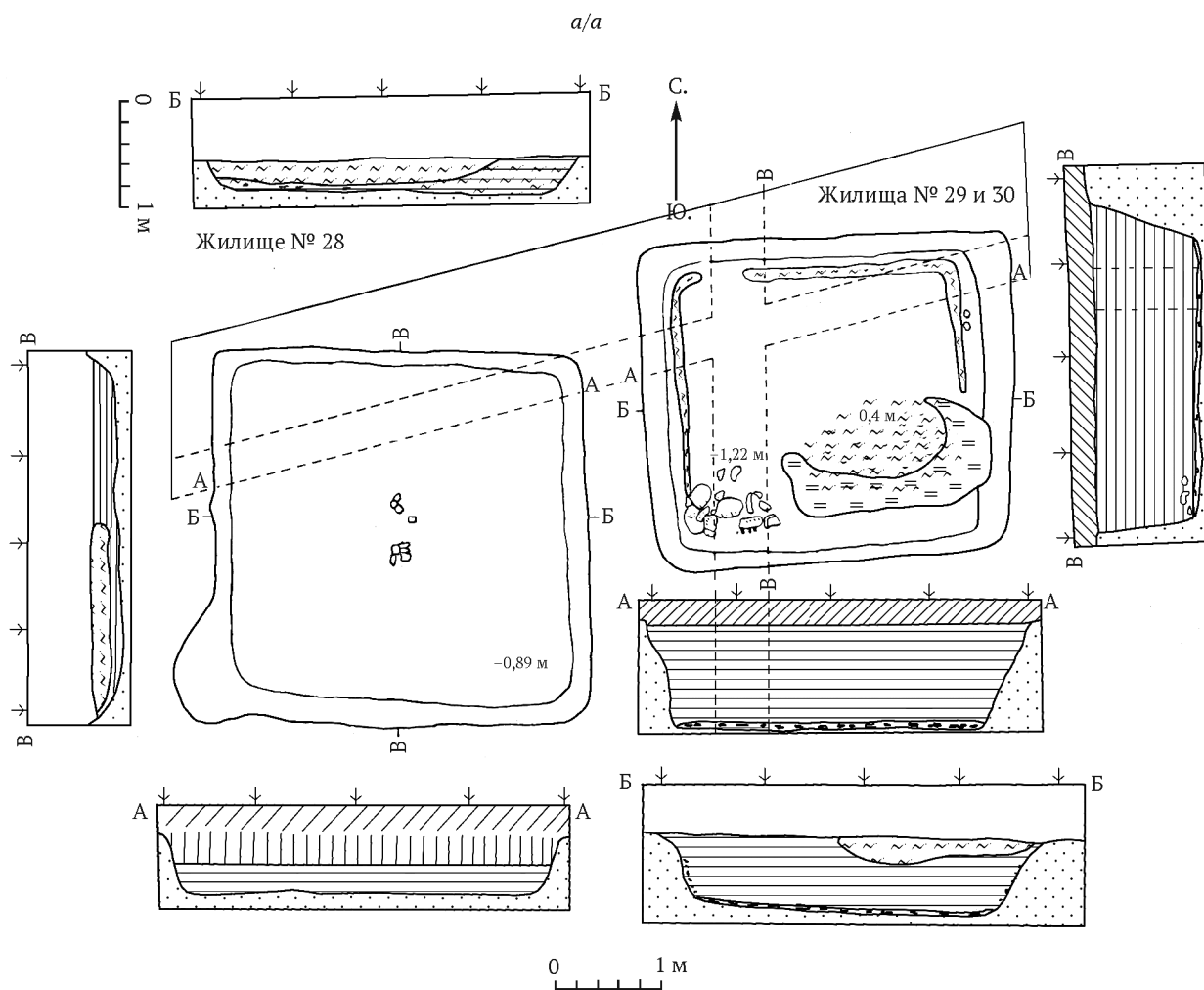


Рис. 7. Поселение Абидня: а – планы и профили жилищ № 28–30; б – фото исследованных построек № 29 и 30.

Источник: [10]

Fig. 7. Abidnya settlement: a – dwellings 28–30, plans and cross-sections;
b – dwellings 29, 30, photo.

Source: [10]

Жилище № 28 (см. рис. 7) имеет квадратную форму размером $3,5 \times 3,5$ м, основание углублено на 0,3 м. Стены ориентированы по линиям север – юг, запад – восток. В юго-западном углу имелся округлый выступ. В полевом отчете Л. Д. Побоя жилище № 28 описано очень кратко, без характеристики отопительного сооружения. Однако на рисунке профилей постройки имеется обозначение зольного пятна, которое локализовано в юго-западной части жилища [10; 13 с. 124–142]. Его толщина, исходя из представленного масштаба, была около 0,3 м. В фондах Института истории НАН Беларуси хранятся фрагменты 5 тиглей из жилища № 28. Постройка датируется арбалетовидной фибулой с подвижной ножкой (длина 5,0 см, пружина из 8 витков, сечение спинки полукруглое). Это тип А26 по типологии Е. Л. Гороховского [19, с. 223, рис. 22: 2]. Для черняховских могильников подобные застёжки были характерны для ружичанской фазы (вторая треть – третья четверть III в. н. э.) [25, с. 34–46].

Жилище № 29 (см. рис. 7) в плане почти квадратной формы, размеры составляют $3,8 \times 3,2$ м. Пол находился на глубине 0,68 м от дневной поверхности. Стены ориентированы по линиям север – юг, запад – восток. В юго-восточной четверти жилища на глубине 0,4 м размещалась глинобитная печь подковообразной формы. Толщина глины достигает 0,2 м.

Котлован жилища заполнен темно-серым гумусом, в котором найдены обломки тиглей, три обломка глиняных сопел круглой формы, обожженные камни, уголь, куски шлака, крицы, глиняной обмазки, обожженной глины, фрагменты лепной керамики, кости животных [13, с. 124–142].

По версии Л. Д. Побоя, постройки № 29 и 30 (см. рис. 7) объединял один котлован. Полуземлянка № 30 имела в плане квадратную форму, размеры в верхней части составляли $3,4 \times 3,3$ м, на дне – $3,0 \times 2,7$ м. Дно основания жилища находилось на глубине 1,22 м. Стены ориентированы по линиям север – юг, запад – восток. На дне котлована зафиксирована прослойка угля и золы мощностью от 2 до 5 см. Ниже находился желтый мелкозернистый материковый песок. В юго-западном углу на уровне пола располагался очаг из камней ($0,96 \times 0,7$ м). Камни сильно обожжены. Еще два камня были обнаружены отдельно у северо-восточной стены на дне [13, с. 124–142]. Возможно, два жилища (№ 29 и 30), находящихся в одном котловане, представляли собой один производственный комплекс с очагом и горновой печью на останце.

Большое количество обломков тиглей найдено также в культурном слое вдали от каких-либо объектов, что, возможно, объясняется их утратой в результате многовековой хозяйственной деятельности.

Проблема выявления признаков эмальерного производства на памятнике

Сложность выявления свидетельств эмальерного производства связана с тем, что его признаки в большинстве случаев неотличимы от признаков обработки цветных металлов, в первую очередь литейного производства [26, р. 184–185], которые очень представительны в ур. Абидня. К специфическим признакам именно эмальерного производства принято относить следующие находки. Самым очевидным признаком считаются глиняные формы для отливки изделий тех типов, которые эмальировались. Именно коллекции подобных форм являются одним из основных источников по изучению локального производства на территории римской Британии [26, р. 184–185].

Единственная форма из ур. Абидня с хорошо сохранившейся литейной полостью предназначалась для отливки небольшой подвески (см. рис. 6). Глубина полости изделия составляет 2 мм, высота – 1,6 см [19, с. 215–216, рис. 13: 2]. Наличие двух щитков с отростками на концах сближает данное украшение по стилистике с изделиями круга восточноевропейских выемчатых эмалей, однако точных аналогий ему среди вещей с эмальями нам неизвестно. Круглые поля в центре щитков вряд ли можно рассматривать как поля для эмалевых вставок, так как они слишком малы: их диаметр составляет

2 мм [19, с. 216], а минимальный размер эмалевого поля дисковидной формы на изделиях в стиле восточноевропейских выемчатых эмалей достигает обычно не менее 4,5–5,0 мм. Поля малого размера характерны для украшений ранней стадии развития стиля [27, с. 118–120], однако они отличаются по форме и иначе оформлены. Возможно, данная подвеска предназначалась для убора круга восточноевропейских выемчатых эмалей, однако факт ее изготовления в ур. Абидня не подтверждает производство здесь изделий с эмалевыми вставками.

Помимо форм, свидетельством эмальерного производства могут выступать полуфабрикаты эмалей в виде небольших брусков или полосок стекла, в первую очередь красного цвета. Серия таких находок происходит из Британии. В качестве полуфабрикатов для эмальирования на территории римских провинций могла использоваться также мозаичная смальта [26, р. 184–186].

Полуфабрикатов эмалей, аналогичных находкам из Британии [26, fig. 17: 13], на поселении Абидня также не обнаружено. Однако учеными неоднократно высказывалась гипотеза о том, что в случае с изделиями круга восточноевропейских выемчатых эмалей эту роль могли выполнять уплощенные параллелепипедные бусы красного глухого стекла [28].

Как показало исследование состава стекла бус данного типа и эмалей Брянского клада, они действительно имеют идентичный состав, нехарактерный для бус, но типичный для эмалей как восточноевропейских, так и провинциально-римских [29; 30]. В свете современных представлений об организации стеклоделательного производства вряд ли можно говорить о варке такого стекла в ур. Абидня, как предполагали Л. Д. Поболь и В. Д. Наумов [1]. Близость состава эмалей днепровских и параллелепипедных бус из данного региона эмалям римской Британии позволяет говорить об импортном характере подобного стекла в Поднепровье [29]. Однако не исключено, что бусы могли использоваться здесь как товарная форма полуфабрикатов для эмальерного производства, являясь одновременно украшениями и сырьем для эмалей [29]. Вдали от стеклоделательных (эмальерных) центров они могли использоваться для изготовления эмалевого порошка, которым затем заполнялись эмалевые гнезда.

Поселение Абидня является безусловным лидером по количеству находок параллелепипедных бус-кирпичиков красного непрозрачного стекла: на памятнике зафиксированы 26 экземпляров украшений данного типа [31]. Чаще всего данные бусы ассоциируют с типом 104 по типологии Е. М. Алексеевой [32, с. 69–70, табл. 33] или типом 111 по типологии М. Темпельманн-Мончиньской [33, s. 35–36], хотя и отличаются от них по форме. В то же время изученная раскопками площадь в ур. Абидня сильно превышает размер участков, исследованных на других памятниках киевской культуры. Проведенный нами анализ показал, что бусы этого типа из ур. Абидня по составу также идентичны эмалевым вставкам. В данном контексте особенно интересен факт совстречаемости подобных бус с предметами, связанными с литейным производством, в постройке культового характера в Абидне. По-

мимо форм, тиглей и льячки, из нее происходят 5 из 26 найденных на памятнике бус-кирпичиков, еще 5 экз. таких бус найдены в культурном слое около постройки, 3 бусины данного типа были найдены в слое недалеко от жилищ № 28 и 29. Данными о местах находки остальных бус-кирпичиков мы не располагаем. Есть большой соблазн связать зону высокой концентрации находок, связанных с литейным производством, и бус-кирпичиков (предполагаемого сырья для эмалей) в культовой постройке с наличием в поселении Абидня эмальерного производства. Однако достаточных оснований для этого нет. Из данного сооружения происходят и другие разнообразные находки (лунница с эмальями, железная булавка, нож, серп, кресало, миниатюрные сосуды, около 10 глиняных пряслиц), в том числе бусы синего и желтого стекла, не имеющие отношения к эмальерному производству. Таким образом, контекст данной находки неоднозначен, а точное назначение постройки не установлено: признаки, которые могли бы указывать на ее производственное назначение, на основании имеющихся данных не выделяются.

Среди материалов ур. Абидня отсутствуют также другие категории находок, которые могли бы указывать на факт местного эмальерного производства: матрицы, заготовки изделий с эмальями, их бракованные экземпляры и др. Особую сложность представляет собой выявление тиглей, которые могли использоваться именно в эмальерном производстве. Исследование огнеупоров с остатками цветного стекла, обнаруженных на территории Британии, показало, что ни один из них не мог быть связан с данным видом ремесла [26].

Для уточнения особенностей производственного комплекса, существовавшего на поселении Абидня, был изучен химический состав остатков внутренне-го заполнения тиглей.

Результаты изучения состава содержимого и поверхности тиглей и их обсуждение

Исследование химического состава поверхности тиглей и их содержимого не позволило выявить на них следы эмалей. Все измерения либо подтверждают наличие бронзолитейного производства, либо отражают состав глины, из которой изготовлены тигли.

В 6 образцах исследованной выборки, изученных методом РФА (см. табл. 2, образцы 1–6), были зафиксированы концентрации элементов, которые позволяют относительно надежно идентифицировать тип металла или сплава, плавившегося в тиглях: это медь, двойная и тройная латуни. Максимальные значения по содержанию следов цинкосодержащих сплавов зафиксированы в тиглях из сооружения

№ 28. Состав 23 образцов типичен для керамического теста (см. табл. 2, образцы № 7–29). Ни один из результатов анализов не отражает состав, близкий тому, что характерен для эмали.

Методом СЭМ-ЭДС в одном случае исследовано содержимое тигля (см. рис. 4: 8, рис. 5: 3), в другом – образец внутренней ошлакованной поверхности, в двух – состав натеков на их внешней поверхности, еще в одном – поверхность (также ошлакованная) сильно перегоревшего керамического изделия неопределенной формы (вероятнее всего, также фрагмент тигля). В трех случаях (внутренняя поверхность, натек на внешней поверхности, фрагмент изделия) были отобраны образцы остеклованной

поверхности красного цвета (см. рис. 4: 6), чтобы проверить, могли ли изучаемые огнеупорные сосуды быть связаны с эмальерным производством. Проанализирован также состав остеклованной поверхности кирпичей (см. табл. 1).

Основной состав исследованных кирпичей и поверхности тиглей очень схож на качественном уровне. Различия в содержании и соотношении некоторых элементов, очевидно, являются следствием различий в составе глины. О возможном назначении тиглей позволяют судить следы меди в двух образцах (внутренняя поверхность одного из треугольных тиглей и натеки на внешней поверхности другого (см. табл. 1 (Абидня-6, Абидня-7)), меди и цинка в пропорции примерно 1 : 4 с незначительной примесью олова и свинца (поверхность изделия неопределенной формы (см. рис. 4: 6, табл. 1 (Абидня-5)) и меди с примесью олова (натек на внешней поверхности тигля (см. табл. 1 (Абидня-8))). Перечисленные элементы ожидаемо отсутствуют в образцах кирпичей, в то время как все остальные компоненты присутствуют в составе и тиглей, и кирпичей – в данном случае последние выполняют роль своего рода контрольных образцов ошлакованной керамики (см. табл. 1 (Абидня-10, Абидня-11)).

К близким результатам пришли ранее Л. Д. Поболь и В. Д. Наумов, которые также проанализировали натеки на тиглях, обнаружив в составе стекловидного вещества на них, «кроме кремнезема, глинозема, щелочей натрия и калия, окиси марганца и др., еще и закись меди до 5 %, железа 2–3 % и следы окислов свинца и олова» [1, с. 437]. Авторы исследования расценили наличие перечисленных компонентов как доказательство того, что «в этих тиглях варилось стекло, подобное исследованным красным эмалям и бусине». Однако все перечисленные элементы содержатся как в красном стекле (эмали), так и в керамике со следами медных сплавов на поверхности. Такой набор элементов может быть в равной степени связан как с эмальерным производством, так и с обработкой цветного металла. Однако при этом их соотношения будут различаться. Исследователи не опубликовали анализ состава поверхности проанализированного ими тигля, однако его удалось найти в отчете Л. Д. Поболя [4]. Высокие содержания в исследованном материале алюминия, калия и кальция (табл. 3) не типичны для стекла или эмали, отражая состав керамики. Содержание свинца, наоборот, нехарактерно низко для красной непрозрачной эмали, зафиксированной в том числе самими авторами в эмали лунниц и бусине из ур. Абидня [1, табл. 2].

Особый интерес представляет один из сохранившихся цилиндрических тиглей (см. рис. 4: 8, рис. 5: 3). На внешней стороне он имеет ярко вы-

раженные следы воздействия высоких температур (так называемой черной глазури). Специфический зеленый цвет остатков внутреннего содержимого тигля позволяет атрибутировать их как результат плавки (переплавки) меди или сплавов на ее основе [34, р. 67–68]. Для материалов поселения Абидня исследуемый тигель – исключительный случай, большинство находок имеют чистую внутреннюю поверхность.

Анализ остатков содержимого данного тигля показал наличие в них меди (6,27–30,29 %) и высокое содержание наиболее летучего из металлов – цинка (0,81–41,72 %) (см. табл. 1 (Абидня-9а, Абидня-9в)). На одном из анализируемых участков зафиксированы также незначительные концентрации олова (до 1,54 %), мышьяка (до 1,02 %), свинца (до 0,91 %). Дополнительное изучение этого образца, выполненное методом СЭМ-ЭДС в Лаборатории радиационной биологии Объединенного института ядерных исследований, позволило зафиксировать во всех 19 точках анализа наличие меди и цинка, в некоторых также свинца. Результаты нормализованного пересчета представлены в табл. 4. Олово и мышьяк в данном случае не фиксировались.

Судя по результатам проведенных анализов, тигли использовались для производства многокомпонентных сплавов (Cu – Sn – Pb – Zn) или свинцовой латуни (Cu – Zn – Pb). Анализ состава металла изделий, найденных в ур. Абидня, показал, что при их изготовлении применялись латуни [1, с. 433–434]. Изделия различного назначения, изготовленные из подобных сплавов, были широко распространены в Восточной Европе [35; 36, с. 280–281; 37, р. 46–47].

Столь высокая концентрация цинка в образце отходов производства, значительно превышающая его содержание в латунях как римского периода, так и более позднего времени [38, р. 211; 39; 40, р. 1085; 41, р. 907, fig. 6; 42, р. 703, fig. 1], объясняется, вероятно, его свойством испаряться в процессе плавки, активно взаимодействуя с материалом тигля и буквально впитываясь в него, что ведет к увеличению содержания Zn как в материале самого тигля, так и в образующихся в нем шлаках при его пропорциональном уменьшении в получаемом сплаве. Это подтверждается как лабораторными исследованиями, так и результатами экспериментов [43, р. 84–85], что позволяет использовать присутствие цинка на стенках тиглей как маркер плавки цинкосодержащих сплавов. Такие находки известны и на территории Восточной Европы. В качестве примера можно привести тигли-лячки с городища дьякова типа Отмичи на Верхней Волге (середина I тыс. н. э.). На их ошлакованной внутренней поверхности методом РФА было выявлено до 73,6 % цинка [36, с. 283; 44, с. 264–265, № 38–51].

Химический состав ошлакованной поверхности тиглей и льячек,
изученный методом РФА, мас. %

Table 2

Chemical composition of the surface of the crucibles and smelting landles,
studied with X-ray fluorescence analysis, wt. %

№ п/п	Номер анализа	Паспорт	Наименова- ние	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe	Ni	Cu	Zn	Ba	Pb	Sn	As
1	2341	№ 30210	Фрагмент тигля	–	–	–	–	–	–	–	0,25	3,20	0,007 9	3,0000	0,062 7	0,135 7	0,012 9	0,042 9	–
2	2357	№ 96, жили- ще № 28	Фрагмент тигля	–	–	–	–	–	–	–	0,13	0,01	–	0,139 1	0,827 8	0,150 6	0,012 1	0,009 9	–
3	2358	№ 106, жили- ще № 28	Фрагмент тигля	–	–	–	–	–	–	–	0,25	3,50	0,004 2	0,363 7	0,023 6	0,125 4	0,002 1	0,005 1	–
4	2369	№ 64	Фрагмент тигля	–	12,90	55,10	1,07	4,60	2,94	0,77	0,30	4,30	0,003 9	0,140 1	0,040 8	0,090 3	–	–	0,000 4
5	2376	№ 13111	Фрагмент тигля	–	6,70	50,40	1,25	4,70	4,34	0,42	0,23	2,30	0,002 7	0,236 0	0,036 8	0,072 2	0,001 0	–	0,001 4
6	2379	№ 103, жили- ще № 28	Фрагмент тигля	–	10,70	47,90	1,62	3,90	2,38	0,76	0,15	3,70	0,003 9	–	0,555 9	–	0,017 7	–	–
7	2324	№ 29277	Фрагмент тигля	–	5,20	48,40	0,65	5,40	3,22	0,29	0,22	2,00	0,003 5	0,010 0	0,006 7	–	0	–	–
8	2325	№ 1948	Фрагмент тигля	–	5,40	22,00	0,70	1,10	0,80	0,43	0,21	3,30	0,006 3	0,003 3	0,012 2	0,046 7	0,003	–	–
9	2327	№ 6373	Фрагмент тигля	–	8,70	40,50	1,47	3,80	2,10	0,61	0,13	3,30	0,003 8	0,007 2	0,023 4	–	–	–	0,000 6
10	2328	№ 32764	Фрагмент тигля	–	8,90	37,50	5,04	2,60	5,32	0,74	0,23	3,00	0,004 6	0,002 5	0,009 0	–	–	–	–
11	2329	№ 24154	Фрагмент тигля	–	12,50	55,40	0,88	2,90	1,68	0,72	0,27	4,00	0,003 9	0,007 7	0,023 7	0,106 2	–	–	–
12	2330	Без номера	Фрагмент тигля	–	9,50	49,00	2,52	6,40	5,88	–	0,14	3,90	0,003 8	0,009 2	0,045 3	0,084 9	–	–	–
13	2331	№ 26109	Фрагмент тигля	–	7,70	59,10	3,67	7,00	4,48	0,54	0,08	8,70	0,005 5	0,007 9	0,003 1	–	–	–	–

Окончание табл. 2
Ending table 2

№ п/п	Номер анализа	Паспорт	Наименова- ние	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe	Ni	Cu	Zn	Ba	Pb	Sn	As
14	2332	Без номера	Фрагмент тигля	–	8,60	53,90	11,23	1,90	3,78	0,99	0,19	4,00	0,0022	0,0098	0,0217	0,1022	–	–	0,0004
15	2334	Без номера	Фрагмент тигля	–	16,40	56,50	1,17	3,60	2,52	0,87	0,20	4,80	0,0056	0,0063	0,0091	0,0861	–	–	0,0010
16	2335	№ 28255	Фрагмент тигля	–	5,10	69,00	1,69	12,60	4,48	0,18	0,12	5,60	0,0073	0,0059	0,0032	0,0838	–	–	0,0007
17	2337	№ 24151	Фрагмент тигля	–	7,30	30,60	3,44	2,10	–	0,65	0,28	4,70	0,0048	0,0126	0,0323	–	0,0010	–	–
18	2338	№ 26120	Фрагмент тигля	–	15,60	51,50	1,77	4,60	3,36	0,85	0,34	5,10	0,0065	0,0150	0,0388	0,1069	0,0055	–	–
19	2339	№ 29164	Фрагмент тигля	–	9,50	46,00	1,04	4,00	2,66	0,50	0,23	2,80	0,0040	0,0114	0,0208	0,1085	–	–	–
20	2348	№ 32778	Фрагмент тигля	–	13,80	35,80	8,25	5,00	4,76	1,05	0,25	4,80	0,0054	0,0143	0,0244	0,0867	–	–	–
21	2349	Жилище № 6	Фрагмент тигля	1,70	9,60	43,30	0,79	2,90	2,24	0,60	0,22	3,70	0,0061	0,0121	0,0252	0,1028	0,0013	–	–
22	2351	№ 2223	Льячка	–	20,20	64,70	1,02	3,20	1,33	1,23	0,16	4,20	0,0045	0,0020	0,0374	0,1366	0,0040	–	0,0019
23	2353	№ 23695	Фрагмент тигля	–	9,70	40,40	6,65	3,80	4,20	0,93	0,23	4,80	0,0043	0,0196	0,0693	0,1140	0,0009	–	–
24	2359	№ 8	Льячка	–	4,40	23,30	0,10	0,83	2,94	0,51	–	2,10	0,0043	0,0269	0,0088	–	0,0027	–	0,0009
25	2362	№ 12	Фрагмент тигля	–	12,00	58,60	1,29	4,30	4,34	0,65	0,29	4,30	0,0035	0,0578	0,0063	0,1012	0,0018	–	–
26	2363	№ 101, жили- ще № 28	Фрагмент тигля	–	10,00	45,80	1,32	5,20	4,20	0,54	0,21	3,10	0,0038	0,0326	0,0386	0,1100	0,0013	–	–
27	2364	Без номера, жилище № 28	Фрагмент тигля	–	7,30	33,60	0,81	2,10	1,68	0,39	0,16	2,70	0,0048	0,0232	0,0360	0,1293	0,0018	–	–
28	2378	№ 98, жили- ще № 28	Фрагмент тигля	–	11,90	44,20	4,12	4,20	2,94	0,83	0,22	4,80	0,0044	0,0079	0,0694	0,1145	0,0012	–	–
29	2380	№ 62	Фрагмент тигля	–	16,00	54,90	0,68	4,60	3,64	0,72	0,21	5,10	0,005	0,0107	0,0738	0,0854	–	–	0,0006

Примечание. Протерком указаны значения ниже предела обнаружения. Анализ проведен И. А. Сапрыкиной.

Таблица 3

Анализ состава натека на тигле, мас. %

Table 3

Chemical composition of the crucible surface, wt. %

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Cu	2,00	As	–
Pb	0,05	Mn	0,50
Sn	0,05	Au	–
Fe	2,00	Ge	–
Zn	–	In	–
Ag	–	Ti	0,20
Sb	–	Cd	–
Bi	–	Na	0,20
Mg	2,50	Ca	30,00
Si	46,00	Ni	–
Al	55,00	K	10,00
Co	–	–	–

Примечание. Количественный спектральный анализ проведен В. Д. Наумовым в лаборатории Ленинградского отделения Института археологии АН СССР. Инвентарный номер исследованной находки – АД 1960/20287.

Таблица 4

Концентрация меди, цинка, железа и свинца в содержимом тигля КП 4178/1467 (Абидня-9), мас. %

Table 4

Copper, zinc, iron and lead concentration in a crucible from Abidnya, wt. %

Номер спектра	Cu		Zn		Fe		Pb	
	Условное значение	Нормализованное значение	Условное значение	Нормализованное значение	Условное значение	Нормализованное значение	Условное значение	Нормализованное значение
1	13,62	57,20	4,22	37,93	1,32	4,88	–	–
2	8,29	64,89	1,24	21,28	1,56	9,60	0,52	4,23
3	21,47	70,83	2,67	24,01	1,81	5,17	–	–
4	24,97	66,55	4,37	31,35	0,86	2,10	–	–
5	10,31	64,70	1,77	28,42	0,38	2,10	0,64	4,78
6	23,3	61,18	5,26	34,03	2,10	4,80	–	–
7	17,01	64,53	2,74	25,76	1,82	5,68	0,95	4,04
8	8,08	64,99	1,44	29,69	0,77	5,32	–	–
9	28,99	64,03	5,90	34,18	0,87	1,79	–	–
10	21,08	47,68	9,99	48,22	0,52	1,07	1,07	3,04
11	16,89	44,50	8,85	53,63	0,77	1,87	–	–
12	26,31	50,09	9,73	45,66	0,66	1,14	1,29	3,11
13	25,11	58,11	5,84	36,71	0,79	1,62	1,24	3,55
14	13,50	59,14	3,14	38,54	0,58	2,32	–	–
15	16,45	60,01	3,66	37,84	0,64	2,14	–	–
16	4,41	9,32	35,52	90,68	–	–	–	–
17	7,99	29,78	10,87	67,60	0,77	2,62	–	–
18	22,51	60,94	5,32	36,05	1,23	3,01	–	–
19	7,50	52,26	2,78	42,97	0,78	4,77	–	–

Примечание. Анализ проведен Е. А. Сапрыкиным. Метод анализа – СЭМ-ЭДС.

Найденные на поселении Абидня тигли характеризуются чистой внутренней поверхностью. Однако, как показали исследования большой серии тиглей, использованная в литейном ремесле керамика может иметь чистую внутреннюю поверхность, а их форма не соотносится напрямую с определенным типом сплава [45, fig. 3].

Сегодня, основываясь на результатах исследований, достоверно можно говорить о работе на

поселении Абидня с цинкосодержащими сплавами – двойными и тройными латунями, многокомпонентными сплавами. Представленная номенклатура в целом сопоставима с наиболее распространенными в III–V вв. типами сплавов [36]. Конкретное назначение тиглей разных форм (цилиндрических и треугольных) нуждается в дальнейшем исследовании.

Заключение

Материалы раскопок поселения Абидня не дают оснований говорить о существовании на памятнике эмалирного производства. Проведенные исследования не выявили остатки красного стекла ни на треугольных, ни на цилиндрических абиденских тиглях. Подтверждается присутствие здесь лишь литейного производства. Местные ремесленники плавил медные сплавы, содержащие цинк, свинец и олово, что является типичным признаком литейного ремесла изучаемой эпохи как в Восточной Европе, так и на

территории Римской империи. При этом необходимо подчеркнуть, что отсутствие признаков эмалирования еще не дает основания однозначно говорить об отсутствии здесь данного вида производства. Эмалирование относится к ремеслам, материальные следы которых крайне сложно выявить археологически, так как основные характеризующие его признаки связаны с литейным производством. Основной перспективой исследования является детальное изучение свидетельств литейного производства на памятнике.

Библиографические ссылки

1. Поболь ЛД, Наумов ВД. О некоторых предметах материальной культуры селища Абидня. В: Завалеев НЕ, редактор. *Доклады к XI конференции молодых ученых Белорусской ССР (ноябрь 1967 г.)*. Минск: [б. и.]; 1967. с. 424–441.
2. Stawiarska T. *Katalog paciorkow szklanych z obszaru Polski północnej w okresie wpływów rzymskich*. Wrocław: PAN; 1987. 147 s.
3. Bitner-Wróblewska A, Stawiarska T. Badania technologiczne wschodnioeuropejskich zabytków zdobionych emalią. In: Bitner-Wróblewska A, Iwanowska G, editors. *Bałtowie i ich sąsiedzi*. Warszawa: PMA, 2009. s. 303–352.
4. Поболь ЛД. *Отчет об археологических раскопках в 1960 г. на могильнике и селище около поселка Адаменка Быховского района Могилёвской области БССР*. Минск: Архив археологической научной документации Института истории НАН Беларуси; 1960. Д. 109.
5. Поболь ЛД. *Альбом. К отчету об археологических раскопках и обследованиях в Могилёвской и Гомельской областях в 1962 г.* Минск: Архив археологической научной документации Института истории НАН Беларуси; 1962а. Д. 125.6.
6. Поболь ЛД. *Коллекционная опись археологических материалов из урочища Абидня Могилёвской области, БССР*. Минск: Архив археологической научной документации Института истории НАН Беларуси; 1962б. Д. 127.
7. Поболь ЛД. *Отчет об археологических раскопках и обследованиях в Верхнем Поднепровье (территория БССР) в 1962 г.* Минск: Архив археологической научной документации Института истории НАН Беларуси; 1962в. Д. 151.
8. Поболь ЛД. *Отчет об археологических исследованиях на территории БССР в 1964 г.* Минск: Архив археологической научной документации Института истории НАН Беларуси; 1964. Д. 238.
9. Поболь ЛД. *Отчет о раскопках и разведках археологических памятников в Белорусском Поднепровье в 1965 г.* Минск: Архив археологической научной документации Института истории НАН Беларуси; 1965. Д. 253.
10. Поболь ЛД. *Отчет об археологических раскопках и разведках в Могилёвском Поднепровье в 1966 г.* Минск: Архив археологической научной документации Института истории НАН Беларуси; 1966. Д. 287.
11. Поболь ЛД. Поздний этап зарубинецкой культуры. В: Исаенко ВФ, Митрофанов АГ, Штыхов ГВ, редакторы. *Очерки по археологии Белоруссии. Часть I. Каменный и бронзовый века*. Минск: Наука и техника; 1970. с. 168–183.
12. Поболь ЛД, Ильютик АВ. Жилища второй четверти I тыс. н. э. из поселения Абидня (по материалам раскопок 1960 г.). *Матэрыялы па археалогіі Беларусі*. 2001;3:102–153.
13. Поболь ЛД, Ильютик АВ. Жилища второй четверти I тыс. н. э. из Абидни (по материалам раскопок 1962, 1965, 1966 гг.). *Матэрыялы па археалогіі Беларусі*. 2002;5:124–142.
14. Поболь ЛД, Ильютик АВ. Поселение Абидня. Постройки 1, 2, 4, 5. В: Лопатин НВ, редактор. *Верхнее Поднепровье и Подвинье в III–V веках н. э.* Москва: Институт археологии РАН; 2002. с. 54–74 (Раннеславянский мир. Археология славян и их соседей; выпуск 4).
15. Поболь ЛД, Ильютик АВ. Могильник Абидня в Верхнем Поднепровье. *Матэрыялы па археалогіі Беларусі*. 2003;8:61–70.
16. Ильютик АВ, Поболь ЛД. Пряслица второй четверти I тыс. н. э. с селища Абидня. *Матэрыялы па археалогіі Беларусі*. 2005;9:106–111.
17. Ильютик АВ, Поболь ЛД. Керамика Абидни. В: Ляўко ВМ, редактор. *Матэрыялы па археалогіі Беларусі. Выпуск 14*. Мінск: Беларуская навука; 2007. с. 18–36.
18. Ильютик АВ, Поболь ЛД. Бусы с поселения Абидня (Белорусское Поднепровье). *Гістарычна-археалагічны зборнік*. 2010;25:244–251.
19. Ильютик АВ. Абидня. Вещевой комплекс селища и могильника. В: Левко ОН, Белевец ВГ, редакторы. *Славяне на территории Беларуси в догосударственный период. Книга 1*. Минск: Беларуская навука; 2016. с. 198–247.

20. Даниленко ВМ. Пізньюзарубінецькі пам'ятки київського типу. *Археологія*. 1976;19:65–92.
21. Митрофанов АГ. Железный век Средней Белоруссии (VII–VI вв. до н. э. – VIII в. н. э.). Минск: Наука и техника; 1978. 160 с.
22. Терпиловский РВ. Локальные варианты киевской культуры. В: *Тезисы докладов советской делегации на VI Международном конгрессе славянской археологии*. Москва: Наука; 1990. с. 95–97.
23. Терпиловский РВ, Абашина НС. *Памятники киевской культуры (свод археологических источников)*. Киев: Наукова думка; 1992. 224 с.
24. Мядзведзеў АМ. Кіеўская культура. У: Шадыра ВІ, Вяргей ВС, рэдактары. *Археалогія Беларусі. Том 2. Жалезны век і ранняя Сярэднявечча*. Мінск: Беларуская навука; 1999. с. 290–298.
25. Гороховский ЕЛ. Хронология черняховских могильников лесостепной Украины. В: Рыбаков БА, редактор. *Труды V Международного конгресса археологов-славистов; 18–25 сентября 1985 г.; Киев, Украина. Том 4*. Киев: Наукова думка; 1988. с. 34–46.
26. Bayley J. Roman enamels and enameling. In: Bayley J, Freestone I, Jackson C, editors. *Glass of the Roman world*. Oxford; Philadelphia: Oxbow books; 2015. p. 178–189.
27. Обломский АМ, Терпиловский РВ. Предметы убора с выемчатыми эмалями на территории лесостепной зоны Восточной Европы (дополнение сводов Г. Ф. Корзухиной, И. К. Фролова и Е. Л. Гороховского). В: Обломский АМ, редактор. *Памятники киевской культуры в лесостепной зоне России (III – начало V в. н. э.)*. Москва: Институт археологии РАН; 2007. с. 113–141 (Раннеславянский мир; выпуск 10).
28. Ахмедов ИР, Обломский АМ, Радюш ОА. Брянский клад вещей с выемчатыми эмалями (предварительная публикация). *Российская археология*. 2015;2:146–166.
29. Румянцева ОС, Трифонов АА, Ханин ДА. Химический состав эмалевых вставок и бус. В: Обломский АМ, редактор. *Брянский клад украшений с выемчатой эмалью восточноевропейского стиля (III в. н. э.)*. Москва: Институт археологии РАН; 2018. с. 194–215 (Раннеславянский мир; выпуск 18).
30. Henderson J. Chemical and structural analysis of Roman enamels from Britain. In: Pernichka E, Wagner GA, editors. *Archaeometry'90*. Basel: Birkhauser Verlag; 1991. p. 285–294.
31. Ильютюк АВ, Поболь ЛД. Бусы с поселения Абидня (Белорусское Поднепровье). *Гістарычна-археалагічны зборнік*. 2010;25:244–251.
32. Алексеева ЕМ. Античные бусы Северного Причерноморья. *Свод археологических источников*. 1978;Г1-12/2.
33. Tempelmann-Maczyńska M. *Die Perlen der römischen Kaiserzeit und der frühen Phase der Völkerwanderungszeit im mitteleuropäischen Barbaricum*. Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabner; 1985. 339 p.
34. Charles JA. Determinative mineralogy in the early development of metals. *Journal of the Historical Metallurgy Society*. 1994;28(2):66–68.
35. Барцева ТБ, Вознесенская ГА, Черных ЕН. *Металл черняховской культуры*. Москва: Наука; 1972. 106 с.
36. Сапрыкина ИА. Цинкосодеждающие сплавы в цветной металлообработке лесной и лесостепной зоны конца I тыс. до н. э. – первой половины I тыс. н. э.: «индекс романизации». В: Чернецов АВ, редактор. *Земли родной минувшая судьба... К юбилею А. Е. Леонтьева*. Москва: Институт археологии РАН; 2018. с. 277–287.
37. Morton V. *Brass from the past: Brass made, used and traded from prehistoric times to 1800*. Oxford: Archaeopress Publishing Ltd.; 2019. 341 p.
38. Picon M, Le Nezet-Celestin M, Desbat A. Un type particulier des grands recipients en terre réfractaire utilisés pour la fabrication du lait par la cémentation. In: Rivet L, compiler. *Actes du congrès de Rouen; 25–28 mai 1995; Rouen, France*. Rouen: Société Française d'Étude de la Céramique Antique en Gaule; 1995. p. 207–216.
39. Bayley J. The production of brass in antiquity with particular reference to roman Britain. In: Craddock PT, editor. *2000 years of zinc and brass*. London: British Museum; 1998. p. 7–26.
40. Rehren Th. Small Size, Large scale. Roman brass production in Germania Inferior. *Journal of Archeological Science*. 1999;26:1083–1087.
41. Dungworth D. Roman copper alloys: analysis of artefacts from Northern Britain. *Journal of Archaeological Science*. 1997;24:901–910.
42. Pollard AM, Bray P, Gosden C, Wilson A, Hamerow H. Characterising copper-based metals in Britain in the first millennium AD: a preliminary quantification on metal flow and recycling. *Antiquity*. 2015;89:697–713. DOI: 10.15184/aqu.2015.20.
43. Dungworth D. A note on the analysis of crucibles and moulds. *Journal of the Historical Metallurgy Society*. 2000;34(2): 83–86.
44. Сапрыкина ИА. *Каталог исследованных изделий из цветного металла городища Отмищи. Городище Отмищи*. Москва: Институт археологии РАН; 2008. с. 245–265 (Раннеславянский мир; выпуск 11).
45. Saage R, Wärmländer SKTS. Metal residues in 5th c. BCE – 13th c. CE Estonian tools for non-ferrous metal casting. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2018;19:35–51.

References

1. Pobol' LD, Naumov VD. [About some items of material culture of the settlement of Abidnya]. In: Zavaleev NE, editor. *Doklady k XI konferentsii molodykh uchenykh Belorusskoi SSR (noyabr' 1967 g.)* [Reports to the 11th Conference of Young Scientists of the Byelorussian SSR (November 1967)]. Minsk: [n. l.]; 1967. p. 424–441. Russian.
2. Stawiarska T. *Katalog paciorkow szklanych z obszaru Polski północnej w okresie wpływów rzymskich*. Wrocław: PAN; 1987. 147 s.
3. Bitner-Wróblewska A, Stawiarska T. Badania technologiczne wschodnioeuropejskich zabytków zdobionych emalią. In: Bitner-Wróblewska A, Iwanowska G, editors. *Bałtowie i ich sąsiedzi*. Warszawa: PMA, 2009. s. 303–352.

4. Pobol' LD. *Otchet ob arkheologicheskikh raskopkakh v 1960 g. na mogil'nike i selishche okolo poselka Adamenka Bykhovskogo raiona Mogilevskoi oblasti BSSR* [Report on archaeological excavations in 1960 at the burial ground and settlement near the village of Adamenka, Bykhovsky district, Mogilev region of the BSSR]. Minsk: Archive of Archaeological Scientific Documentation of the Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus; 1960. c. 109. Russian.
5. Pobol' LD. *Al'bom. K otchetu ob arkheologicheskikh raskopkakh i obsledovaniyakh v Mogilevskoi i Gomel'skoi oblastiakh v 1962 g.* [Album. To the report on archaeological excavations and surveys in Mogilev and Gomel regions in 1962]. Minsk: Archive of Archaeological Scientific Documentation of the Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus; 1962a. c. 125. 6. Russian.
6. Pobol' LD. *Kollektsionnaya opis' arkheologicheskikh materialov iz urochishcha Abidnya Mogilevskoi oblasti, BSSR* [Collection inventory of archaeological materials from the Abidnya tract of the Mogilev region, BSSR]. Minsk: Archive of Archaeological Scientific Documentation of the Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus; 1962b. c. 127. Russian.
7. Pobol' LD. *Otchet ob arkheologicheskikh raskopkakh i obsledovaniyakh v Verkhnem Podneprov'e (territoriya BSSR) v 1962 g.* [Report on archaeological excavations and surveys in the Upper Dnieper region (territory of the BSSR) in 1962]. Minsk: Archive of Archaeological Scientific Documentation of the Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus; 1962v. c. 151. Russian.
8. Pobol' LD. *Otchet ob arkheologicheskikh issledovaniyakh na territorii BSSR v 1964 g.* [Report on archaeological research on the territory of the BSSR in 1964]. Minsk: Archive of Archaeological Scientific Documentation of the Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus; 1964. c. 238. Russian.
9. Pobol' LD. *Otchet o raskopkakh i razvedkakh arkheologicheskikh pamyatnikov v Belorusskom Podneprov'e v 1965 g.* [Report on excavations and exploration of archaeological sites in the Belarusian Dnieper region in 1965]. Minsk: Archive of Archaeological Scientific Documentation of the Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus; 1965. c. 253. Russian.
10. Pobol' LD. *Otchet ob arkheologicheskikh raskopkakh i razvedkakh v Mogilevskom Podneprov'e v 1966 g.* [Report on archaeological excavations and explorations in the Mogilev Dnieper region in 1966]. Minsk: Archive of Archaeological Scientific Documentation of the Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus; 1966. c. 287. Russian.
11. Pobol' LD. [Late stage of Zarubintsy culture]. In: Isaenko VF, Mitrofanov AG, Shtykhov GV, editors. *Ocherki po arkheologii Belorussii. Chast' I. Kamennyy i bronzovyy vek* [Essays on the archeology of Belarus. Part I. Stone and Bronze Ages]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1970. p. 168–183. Russian.
12. Pobol' LD, Il'yutik AV. [Dwellings of the second quarter of the 1st millennium AD e. from the settlement of Abidnya (based on excavations in 1960)]. *Materials on the archaeology of Belarus*. 2001;3:102–153. Russian.
13. Pobol' LD, Il'yutik AV. [Dwellings of the second quarter of the 1st millennium AD e. from Abidni (based on excavations in 1962, 1965, 1966)]. *Materials on the archaeology of Belarus*. 2002;5:124–142. Russian.
14. Pobol' LD, Il'yutik AV. [Settlement of Abidnya. Buildings 1, 2, 4, 5]. In: Lopatin NV, editor. *Verkhnee Podneprov'e i Podvin'e v III–V vekakh n. e.* [Upper Dnieper and Podvinye in the 3rd–5th centuries AD e.]. Moscow: Institute of Archeology of the Russian Academy of Sciences; 2002. p. 54–74 (Early Slavic world. Archeology of the Slavs and their neighbours; issue 4). Russian.
15. Pobol' LD, Il'yutik AV. [Abidnya burial ground in the Upper Dnieper region]. *Materials on the archaeology of Belarus*. 2003;8:61–70. Russian.
16. Il'yutik AV, Pobol' LD. [Whorl of the second quarter of the 1st millennium AD e. from the village of Abidnya]. *Materials on the archaeology of Belarus*. 2005;9:106–111. Russian.
17. Il'yutik AV, Pobol' LD. [Ceramics of Abidnya]. In: Ljawko VM, editor. *Matjeryjaly pa arheologii Belarusi. Vypusk 14* [Materials on the archeology of Belarus. Issue 14]. Minsk: Belaruskaja navuka; 2007. p. 18–36. Russian.
18. Il'yutik AV, Pobol' LD. [Beads from the settlement of Abidnya (Belarusian Dnieper)]. *Gistarychna-arhealagichny zbornik*. 2010;25:244–251. Russian.
19. Il'yutik AV. [Abidnya. Ware complex of the settlement and the burial ground]. In: Levko ON, Belevets VG, editors. *Slavyane na territorii Belarusi v dogosudarstvennyi period. Kniga 1* [Slavs on the territory of Belarus in the pre-state period. Book 1]. Minsk: Belaruskaja navuka; 2016. p. 198–247. Russian.
20. Danylenko VM. [Late Zarubintsy monuments of Kyiv type]. *Arheologija*. 1976;19:65–92. Ukrainian.
21. Mitrofanov AG. *Zheleznyi vek Srednei Belorussii (VII–VI vv. do n. e. – VIII v. n. e.)* [Iron Age of Central Belarus (VII–VI centuries BC – VIII century AD)]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1978. 160 p. Russian.
22. Terpilovskii RV. [Local variants of Kiev culture]. In: *Tezisy dokladov sovetskoy delegatsii na VI Mezhdunarodnom kongresse slavyanskoj arheologii*. Moscow: Nauka; 1990. p. 95–97. Russian.
23. Terpilovskij RV, Abashina NS. *Pamyatniki kievskoi kul'tury (svod arkheologicheskikh istochnikov)* [Monuments of Kiev culture (a set of archaeological sources)]. Kyiv: Naukova dumka; 1992. 224 p. Russian.
24. Mjadzvedzew AM. [Kiev culture]. In: Shadyra VI, Vjargej VS, editors. *Arheologija Belarusi. Tom 2. Zhalezny vek i rannjaj Sjarjednavechcha* [Archeology of Belarus. Volume 2. The Iron Age and the Early Middle Ages]. Minsk: Belaruskaja navuka; 1999. p. 290–298. Belarusian.
25. Gorokhovskii EL. [Chronology of Chernyakhiv cemeteries of forest-steppe Ukraine]. In: Rybakov BA, editor. *Trudy V Mezhdunarodnogo kongressa arkheologov-slavistov; 18–25 sentyabrya 1985 g.; Kiev, Ukraina. Tom 4* [Proceedings of the 5th International congress of Slavic archaeologists; 1985 September 18–25; Kiev, Ukraine. Volume 4]. Kyiv: Naukova dumka; 1988. p. 34–46. Russian.
26. Bayley J. Roman enamels and enameling. In: Bayley J, Freestone I, Jackson C, editors. *Glass of the Roman world*. Oxford; Philadelphia: Oxbow books; 2015. p. 178–189.
27. Oblomskii AM, Terpilovskii RV. [Items of clothing with carved enamels in the forest-steppe zone of Eastern Europe (addition to the arches of G. F. Korzukhina, I. K. Frolov and E. L. Gorokhovskiy)]. In: Oblomskii AM, editor. *Pamyatniki kievskoi kul'tury v lesostepnoi zone Rossii (III – nachalo V v. n. e.)* [Monuments of Kiev culture in the forest-steppe zone of Russia (3rd – beginning of 5th century AD)]. Moscow: Institute of Archeology of the Russian Academy of Sciences; 2007. p. 113–141 (Early Slavic world; issue 10).

28. Akhmedov IR, Oblomskii AM, Radyush OA. Bryansk hoard of items with champlevé enamels (preliminary publication). *Rossiiskaya arkheologiya*. 2015;2:146–166. Russian.
29. Rumyantseva OS, Trifonov AA, Khanin DA. [Chemical composition of enamels and beads]. In: Oblomskii AM, editor. *Bryanskii klad ukrashenii s vyemchatoi emal'yu vostochnoevropeiskogo stilya (III v. n. e.)* [Bryansk hoard with champleve enamels in the Eastern European style (3rd century AD)]. Moscow: Institute of Archeology of the Russian Academy of Sciences; 2018. p. 194–215 (Early Slavic world; issue 18). Russian.
30. Henderson J. Chemical and structural analysis of Roman enamels from Britain. In: Pernichka E, Wagner GA, editors. *Archaeometry*'90. Basel: Birkhauser Verlag; 1991. p. 285–294.
31. Il'yutik AV, Pobol' LD. [Beads from the settlement of Abidnya (Belarusian Dnieper)]. *Gistarychna-arhealagichny zbornik*. 2010;25:244–251. Russian.
32. Alekseeva EM. [Antique beads of the Northern Black Sea coast]. *Svod arkheologicheskikh istochnikov*. 1978;G1-12/2. Russian.
33. Tempelmann-Maczyńska M. *Die Perlen der römischen Kaiserzeit und der frühen Phase der Völkerwanderungszeit im mitteleuropäischen Barbaricum*. Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabner; 1985. 339 p.
34. Charles JA. Determinative mineralogy in the early development of metals. *Journal of the Historical Metallurgy Society*. 1994;28(2):66–68.
35. Bartseva TB, Voznesenskaya GA, Chernykh EN. *Metall chernyakhovskoi kul'tury* [Metal of Chernyakhov culture]. Moscow: Science; 1972. 106 p. Russian.
36. Saprykina IA. [Zinc-containing alloys in non-ferrous metalworking of the forest and forest-steppe zone of the end of the 1st millennium BC e. – the first half of the I millennium BC e.: «index of romanization»]. In: Chernetsov AV, editor. *Zemli rodnoi minuvshaya sud'ba... K yubileyu A. E. Leont'eva* [Native lands past destiny... To the anniversary of A. E. Leontiev]. Moscow: Institute of Archeology of the Russian Academy of Sciences; 2018. p. 277–287. Russian.
37. Morton V. *Brass from the past: brass made, used and traded from prehistoric times to 1800*. Oxford: Archaeopress Publishing Ltd.; 2019. 341 p.
38. Picon M, Le Nezet-Celestin M, Desbat A. Un type particulier des grands recipients en terre réfractaire utilisés pour la fabrication du lait par la cémentation. In: Rivet L, compiler. *Actes du congrès de Rouen; 25–28 mai 1995; Rouen, France*. Rouen: Société Française d'Étude de la Céramique Antique en Gaule; 1995. p. 207–216.
39. Bayley J. The production of brass in antiquity with particular reference to roman Britain. In: Craddock PT, editor. *2000 years of zinc and brass*. London: British Museum; 1998. p. 7–26.
40. Rehren Th. Small size, large scale. Roman brass production in Germania Inferior. *Journal of Archeological Science*. 1999;26:1083–1087.
41. Dungworth D. Roman copper alloys: analysis of artefacts from Northern Britain. *Journal of Archeological Science*. 1997;24:901–910.
42. Pollard AM, Bray P, Gosden C, Wilson A, Hamerow H. Characterising copper-based metals in Britain in the first millennium AD: a preliminary quantification on metal flow and recycling. *Antiquity*. 2015;89:697–713. DOI: 10.15184/aqy.2015.20.
43. Dungworth D. A note on the analysis of crucibles and moulds. *Journal of the Historical Metallurgy Society*. 2000;34(2):83–86.
44. Saprykina IA. *Katalog issledovannykh izdelii iz tsvetnogo metalla gorodishcha Otmichi. Gorodishche Otmichi* [Catalog of researched products from non-ferrous metal of the Otmichi settlement. Otmichi settlement]. Moscow: Institute of Archeology of the Russian Academy of Sciences; 2008. p. 245–265 (Early Slavic world; issue 11). Russian.
45. Saage R, Wärmländer SKTS. Metal residues in 5th c. BCE – 13th c. CE Estonian tools for non-ferrous metal casting. *Journal of Archeological Science: Reports*. 2018;19:35–51.