

## Литература

Антипина Е.Е. Археозоологические материалы // Каргалы. Т. III: Селище Горный: археологические материалы: Технология горно-металлургического производства: Археобиологические исследования / Сост. и науч. ред. Е.Н. Черных. М.: Языки славянской культуры, 2004. С. 182–239.

Евгеньев А.А., Купцова Л.В., Мухаметдинов В.И., Рослякова Н.В., Усачук А.Н., Файзуллин И.А., Хохлов А.А. Поселение Малоюлдашево I эпохи неолита и поздней бронзы в Западном Оренбуржье / под общ. ред. Н. Л. Моргуновой. Оренбург: ОГАУ, 2016. 196 с.

Коробкова Г.Ф., Щелинский В.Е. Методика микро- макроанализа древних орудий труда. СПб, 1996. 150 с.

Обыденнов М.Ф., Горбунов В.С., Муравкина Л.И., Обыденнова Г.Т., Гарустович Г.Н. Тюбьяк: поселение бронзового века на Южном Урале. Уфа: Башк. гос. пед. ун-т, 2001. 159 с.

Рафикова Я.В., Федоров В.К., Усачук А.Н. Коллекция изделий из кости и рога поселения Ново-Байрамгулово-1 // Вопросы археологии Поволжья. Вып. 7. Самара: СГСПУ, 2019. С. 86–150.

Усачук А.Н., Бахшиев И.И. Коллекция костяных изделий поселения Оло Хаз // Archaeoastronomy and Ancient Technologies 2020, 8 (2). С. 55–123.

Усачук А.Н., Литвиненко Р.А. Об изготовлении пряжек эпохи бронзы // Доба бронзи Доно-Донецького регіону: Матеріали 5-го Українсько-Російського польового археологічного семінару (с. Капітанове Луганської обл., 26 липня 1999 р.). – Київ; Вороніж, 1999. С. 109–114.

Усачук А.Н., Файзуллин И.А. Костяные изделия Токского и Покровского поселений эпохи поздней бронзы в Западном Оренбуржье // Археологические памятники Оренбуржья. Вып. 12. Оренбург, 2016. С. 127–148.

Файзуллин И.А., Усачук А.Н. Коллекция изделий из кости Родникового поселения позднего бронзового века в степном Оренбуржье // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2018. № 3 (27). С. 172–186.

**Е.К. Столярова<sup>1</sup>, Г.В. Требелева<sup>2</sup>, А.Д. Япрынцева<sup>3</sup>**

**Е.К. Stolyarova, G.V. Trebeleva, A.D. Yapryntseva**

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва  
kath.stolyarova@gmail.com

<sup>2</sup>Институт археологии РАН, г. Москва

<sup>3</sup>Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, г. Москва

### **Археометрические методы изучения стеклянных бусин из погребения римского времени на Маркульском городище (Республика Абхазия)**

### **Archaeometric methods of studying glass beads from a Roman burial at the Markula hillfort (Republic of Abkhazia)**

Одной из важных задач исследования древнего стекла является установление происхождения находок. Одним из способов решения этой задачи является определение химического состава древних стекол, для чего используются различные аналитические методы. Такими методами для изучения стеклянных бусин, обнаруженных в 2017 г. археологической экспедицией ИА РАН под руководством Г.В. Требелевой в погребении римского времени на Маркульском городище (Республика Абхазия), стали: 1) рентгеноспектральный микроанализ совместно с растровой электронной микроскопией, проведенный в Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова

РАН, и 2) масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой с пробоотбором методом лазерной абляции, выполненная в аналитической испытательной лаборатории Курчатовского комплекса химических исследований (ИРЕА) с использованием научного оборудования ЦКП «Исследовательский химико-аналитический центр НИЦ «Курчатовский институт».

The study of the origin of glass finds is one of the important aspects in the study of ancient glass. One way to solve this problem is to determine the chemical composition of ancient glass, for which various analytical methods may be used. Glass beads discovered in 2017 by the archaeological expedition of the IA RAS led by G.V. Trebeleva in the Roman burial at the Markula site (Republic of Abkhazia) were analyzed 1) X-ray spectral microanalysis combined with scanning electron microscopy at the Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry, RAS, and 2) LA ICP MS at the analytical testing laboratory of the Kurchatov Complex of Chemical Research (IREA) using the scientific equipment provided by the Research Equipment Sharing Center of the National Research Center «Kurchatov Institute» Research Chemical Analytical Center.

При изучении древних стекол одной из важных задач исследования является установление происхождения предметов. Решению этого вопроса помогает введенное Ю.Л. Щаповой в науку о древнем стекле понятие *школы в стеклоделении* [Щапова, 1975, с. 151]. Суть этого понятия в том, что сырьевые материалы, используемые для изготовления стекла, на разных территориях и в разные хронологические периоды различались. Кроме того, школы различались приемами обработки стекла и морфологией изделий. В рамках одной школы проходило обучение будущих мастеров, включавшихся таким образом в группу производителей, связанных едиными методами работы, художественно-эстетическими взглядами, а также организационно. Мастерские одной школы были связаны друг с другом, а по сути, были включены в систему материальных и духовных ценностей, имеющих территориальные и хронологические различия [Щапова, 1982, с. 82]. Кратко это понятие можно характеризовать через триединую связь морфологии, технологии и химического состава стекол.

В этой системе наиболее сложным является определение химического состава древних стекол, поскольку для этого необходимы аналитические методы, которыми археологи и историки стекла не владеют, в то время как изучение морфологии и технологии изготовления изделий не представляет никаких сложностей, т.к. не требует специального оборудования, кроме бинокулярного микроскопа и штангенциркуля.

Не менее важной проблемой является интерпретация полученных результатов исследования состава. В настоящее время для этого существуют несколько подходов. В отечественной науке исследователи пользуются методиками, предложенными Ю.Л. Щаповой [1983, с. 26–42] и В.А. Галибиным [2001, с. 25–51, 60–71]. Авторы используют методику Ю.Л. Щаповой, которая понимает древнее стеклоделие как нормированный процесс, в котором количество и качество взятого сырья напрямую отражались на свойствах и качестве стекломассы и, следовательно, готовой продукции. Поэтому, чтобы сварить стекло, древние мастера должны были иметь представление о том, какие сырьевые материалы надо взять и в каких пропорциях их необходимо соединить. Исходя из этого, основной конечной целью интерпретации результатов анализов состава стекла является определение видов сырья и правил составления шихты – смеси основных стеклообразующих, которым следовали древние мастера [Щапова, 1989, с. 94, 98].

В 2017 г. при археологическом изучении Маркульского городища (Республика Абхазия) археологической экспедицией ИА РАН под руководством Г.В. Требелевой на юго-западном склоне памятника во время разведывательных работ в одном из шурфов было обнаружено женское погребение римского времени. Шурф, имевший первоначальные размеры 1×1 м, был расширен до 1×1.65 м. Погребенной оказалась женщина 30–39 лет.

Костяк лежал на спине, ноги вытянуты, правая рука вытянута вдоль тела, левая – согнута на груди; ориентация: голова на юго-запад, ноги – на северо-восток. У левой ноги погребенной стоял глиняный горшок, в районе левого плеча – глиняный «стакан». На руке погребенной был бронзовый перстень-печатка не очень хорошей сохранности, в связи с чем изображение на нем не идентифицируется полностью (животное или цветок?). По всему корпусу погребенной от груди до таза лежали бусины (142 экз.), использованные, скорее всего, для расшивки костюма. Точная реконструкция украшения затруднительна, поскольку вещи были смещены со своих первоначальных мест [Требелева и др., 2018].

Визуально было определено, что большая часть бусин (98 экз.) изготовлена из стекла, 43 – из гагата; одна бусина, использованная в качестве подвески к какому-то предмету, из сердолика.

Все обнаруженные стеклянные бусины сохранились целиком и представляют музейную ценность. В связи с этим для установления их химического (элементного) состава было решено использовать неразрушающие методы исследования. Таким методом был выбран рентгеноспектральный микроанализ совместно с растровой электронной микроскопией. Исследование выполнялось в Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН одним из авторов на электронном микроскопе Carl Zeiss NVision 40, оснащенный энергодисперсионным детектором Oxford Instruments X-Max. Измерения проводились на ускоряющем напряжении 20 кВ. Для увеличения проводимости образцов на их поверхность термически напылялся углерод в вакууме до  $5 \times 10^{-3}$  мбар. Полученные данные обрабатывались в ПО INCA. Исследования проводились без предварительной очистки поверхности бусин от коррозии.

Исследованию было подвергнуто 20 бусин. Поскольку некоторые образцы имели полихромный декор, анализу подвергали не только основу, но и декоративные элементы. Для сердоликовой бусины был исследован металлический стержень, с помощью которого она подвешивалась или крепилась к неизвестному изделию. Данное исследование определило основные стеклообразующие (Na, K, Ca, Mg, Al, Si), некоторые вспомогательные материалы (Mn, Cu, Fe, Sn), а также небольшой набор микропримесей (Ti, As, Pb, Ni, Zn). Не все результаты исследования оказались пригодными для интерпретации. В большинстве случаев анализ выявил отсутствие или заниженные концентрации щелочных элементов (Na и K) при низких содержаниях или полном отсутствии Pb, что связано с выщелачиванием поверхности бусин в результате их нахождения в почве. Кроме того, оказались не определены такие важные компоненты как Pb, использовавшийся в качестве основного стеклообразующего элемента, краситель Co, глушитель Sb.

Полученные результаты привели к необходимости провести дополнительные исследования методом, который позволит, с одной стороны, сохранить находки, а с другой – даст возможность избежать вышеуказанных проблем, связанных с выветриванием поверхности стекла. Поэтому был выбран метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с пробоотбором методом лазерной абляции. Исследования выполнялись в аналитической испытательной лаборатории Курчатовского комплекса химических исследований (ИРЕА) (рук. П.А. Волков) с использованием научного оборудования ЦКП «Исследовательский химико-аналитический центр НИЦ «Курчатовский институт»» (аналитик А.М. Исмагулов).

Измерения проведены на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Elan DRC-e (Perkin Elmer, США) с диапазоном сканирования масс, а.е.м.: 2–270, диапазоном разрешения, а.е.м.: 0.3–3.0. Параметры работы масс спектрометра: плазмообразующий поток Ar – 18 дм<sup>3</sup>/мин; вспомогательный поток Ar – 1.2 дм<sup>3</sup>/мин; пробоподающий поток Ar – 0.2 дм<sup>3</sup>/мин; мощность радиочастотного генератора – 1250 Вт;

время пребывания на массе (dwell time) – 10 мс; режим счета импульсов – прыжки по пикам (peak hopping).

Лазерная абляция выполнена на приборе NWR-213 (New Wave Research). Лазер на основе Al-Y граната YAG:Nd с длиной волны излучения 213 нм; длительность импульса 4–7 нс, частота следования импульсов 1–20 Гц, диаметр кратера 4–110 мкм; стандартная ЛА-ячейка объемом 100 см<sup>3</sup>, синхронизированная со спектрометром. Для транспортировки материала пробы после абляции из ячейки лазерного пробоотборника в масс-спектрометр использовался He. Параметры работы: расход He через ячейку с образцом – 0.5 дм<sup>3</sup>/мин; диаметр пятна лазерного луча – 80 мкм; мощность лазерного луча – 6 J/см<sup>2</sup>; частота импульсов лазерного луча – 10 Гц; шаблон сканирования – Растр (~300\*150мкм).

Градуировку проводили по твердому стандартному образцу NIST SRM 610, 620. Расчет содержания элементов проводился с нормированием на 100 % суммы по оксидам.

Данные исследования позволили определить не только все основные стеклообразующие (Na, K, Ca, Mg, Al, Si, Pb), весь набор вспомогательных материалов (Mn, Cu, Fe, Co, Sn, Sb), но и большой спектр микропримесей и следовых элементов. Последнее представляется чрезвычайно важным в связи с недавними открытиями местного средневекового стекольного производства в Западной Анатолии, основанными на повышенных содержаниях следовых элементов, в частности бора, содержащегося в песках этой территории [Swan et al., 2018]. Полученный в ходе нашего исследования стеклянных бусин список содержаний микропримесей и следовых элементов может быть использован в дальнейшем при подобных открытиях, указывающих на признаки местного изготовления. В подавляющем большинстве случаев преобладающими элементами, помимо Si, концентрации которого колеблются от 55.2 до 67.2 %, были Na (от 11.8 до 19.2 %), Ca (от 4.91 до 8.87 %) и Al (от 1.82 до 2.93 %). В некоторых случаях присутствуют высокие концентрации Fe (3.94–14.1 %), Cu (1.27–3.12 %), Sb (1.05–1.94 %), Pb (1.82–9.62 %, в одном случае 20.2 %). Изредка отмечены повышенные содержания Mn (1.19–1.38 %). Анализ одного образца показал совершенно иной состав: в нем единственным преобладающим элементом является Si, составляющий 98.9–99.5 %. Основываясь на морфологии объекта, можно предположить его изготовление из гагата (ископаемый каменный уголь).

Таким образом, несколько дополняющих друг друга аналитических исследований стеклянных бусин позволили установить химический (элементный) состав находок из погребения римского времени на Маркульском городище (Республика Абхазия). Большая их часть показала содовый состав, который можно отнести к римской стеклоделательной школе, как столичной, так и провинциальной. Только четыре предмета оказались сварены на золе растений пустынной зоны, что характерно для ближневосточной школы стекловарения.

*Работа выполнена при поддержке РФФ, проект № 22–18–00466 «Северо-Восточное Причерноморье в античное и средневековое время: историческое моделирование на основе ГИС-технологий, геоархеологии и археометрии».*

## Литература

Галибин В.А. Состав стекла как археологический источник. *Ars vitraria experimentalis*. СПб.: Петербургское востоковедение. 2001. 216 с. (Тр. ИИМК РАН. Т. 4).

Требелева Г.В., Хондзия З.Г., Шведчикова Т.Ю., Юрков Г.Ю. Исследования на юго-западном склоне Маркульского городища // Краткие сообщения Института археологии. Вып. 252. 2018. С. 265–272.

Щапова Ю.Л. Из истории древнейшей технологии стекла // Очерки технологии древнейших производств / Под общ. ред. Б.А. Колчина. М.: Наука, 1975. С. 134–155.

Щапова Ю.Л. Об эволюции в стеклоделии древнейших эпох // Естественные науки и археология в изучении древних производств. Материалы совещания (27 марта 1981 г.). М.: Наука, 1982. С. 81–91.

Щапова Ю.Л. Очерки истории древнего стеклоделия (по материалам долины Нила, Ближнего Востока и Европы). М.: Московский университет, 1983. 200 с.

Щапова Ю.Л. Древнее стекло: морфология, технология, химический состав. Учебное пособие. М.: Московский университет, 1989. 120 с.

Swan C.M., Rehren Th., Dussubieux L., Eger A.A. High-boron and High-alumina Middle Byzantine (10<sup>th</sup>–12<sup>th</sup> century CE) Glass Bracelets: a Western Anatolian Glass Industry // *Archaeometry*. Vol. 60. No 2. 2018. P. 207–232.

**Н.В. Леонова<sup>1,2</sup>, С.А. Пилипенко<sup>3</sup>**

**N.V. Leonova, S.A. Pilipenko**

<sup>1</sup>Государственный исторический музей, г. Москва, Россия, [nvleonova@mail.ru](mailto:nvleonova@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

<sup>3</sup>Новосибирский государственный университет экономики и управления,  
г. Новосибирск

## **Технологический и естественно-научный анализ женского головного убора из могильника Песчаный I в Ростовской области**

### **Study of manufacturing technology and material of a female headdress from the Peschany I burial ground in the Rostov region**

Работа посвящена технологическому анализу сохранившихся элементов женского головного убора – берестяной бокки из средневекового захоронения конца XIII – начала XIV вв. Аналогичные находки найдены на огромных просторах Евразии, от Китая до Дуная [Пилипенко и др., 2020], но сохранность изделий варьирует. Анализ каждого головного убора позволяет уточнить детали конструкции, а проведение дополнительных исследований (технологический анализ сохранившихся волокон, анализ состава неорганических соединений на поверхности отдельных деталей) провести реконструкцию головного убора.

The paper is devoted to the technological analysis of a female headdress – a birch bark bokka from a medieval burial. Similar finds were found in the vast expanses of Eurasia, but the safety of the items varies. An analysis of each headdress allows us to clarify the details of the design, and conducting additional research (technological analyses of fibers, analysis of the composition of inorganic compounds preserved on the surface of individual parts) helped propose the reconstruction of the headdress.

В 2015 г. Степной археологической экспедицией Исторического музея под руководством Н.И. Шишлиной в Ремонтненском районе Ростовской области был исследован курган 8 могильника Песчаный I. Курган овальной формы, вытянутый по линии запад-восток, диаметром 15×18 м и высотой 0.44 м. Древняя насыпь была сооружена над двумя средневековыми захоронениями – мужчины (погребение 1) и женщины (погребение 2), вокруг насыпи прослежен небольшой овальный ров с перемычкой в юго-восточной части. Две расположенные рядом могильные ямы были ориентированы по линии северо-восток – юго-запад.