

DOI: 10.53737/9576.2023.68.88.009

О.С. Румянцева, М.В. Червяковская, В.С. Червяковский

**ВТОРИЧНЫЕ ПРАКТИКИ СТЕКЛОДЕЛОВ В РИМСКОЕ ВРЕМЯ  
ПО ДАННЫМ СОСТАВА СТЕКЛА МОГИЛЬНИКА ФРОНТОВОЕ 3  
В ЮГО-ЗАПАДНОМ КРЫМУ\***

Состав 147 образцов стекла сосудов из могильника конца I — рубежа IV/V вв., полностью раскопанного на окраине Севастополя, проанализирован методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, с пробоотбором лазерной абляцией. На основе полученных данных оценивается применение практики вторичной переработки стекла в мастерских, производивших посуду для населения, оставившего могильник. Сопоставление данных о формах сосудов, их планиграфическом распределении и составе позволяют получить косвенную информацию о возможном времени возникновения и характере стеклоделательного производства в Юго-Западном Крыму (вероятно, в Херсонесе). Стеклопосуда массово распространяется у местного населения со II в.; в это же время появляются первые формы, представленные серийно и изготовленные из стекла «смешанного» состава, содержащего марганец и сурьму. Это могло быть обусловлено возникновением в это время в регионе местного стеклоделательного производства, основой которого служили импортный сырец из Восточного Средиземноморья с высокой примесью стекольного боя. Эта же особенность характерна и для массовых серий стекла из поздней части могильника. Местное производство, таким образом, в значительной степени было основано на вторичной переработке стекла; эта особенность характерна для периферии Римской империи, очевидно, недостаточно снабжавшейся сырцом. Стекло египетского происхождения из Фронтowego более интенсивно подвергалось переработке, чем сиро-палестинское.

**Ключевые слова:** Юго-Западный Крым, римское время, стекло, вторичная переработка, местное стеклоделательное производство, ЛА-ИСП-МС.

**Сведения об авторах:** Румянцева Ольга Сергеевна<sup>1</sup>, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник, Институт археологии РАН; Червяковская Мария Владимировна<sup>2</sup>, кандидат химических наук, научный сотрудник, Институт геологии и геохимии УрО РАН; Червяковский Василий Станиславович<sup>3</sup>, младший научный сотрудник, Институт геологии и геохимии УрО РАН.

**Контактная информация:** <sup>1</sup>117292, Россия, Москва, ул. Дм. Ульянова, д. 19, Институт археологии РАН; e-mail: o.roumiantseva@mail.ru; <sup>2,3</sup>620110, Россия, Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, д. 15, Институт геологии и геохимии УрО РАН; e-mail: <sup>2</sup>zaitseva.mv1991@gmail.com; <sup>3</sup>v.chervyakovskiy@mail.ru.

---

**Olga Rumyantseva, Maria Chervyakovskaya, Vasiliy Chervyakovskiy****GLASS RECYCLING PRACTICES IN THE ROMAN PERIOD:  
A CASE STUDY OF THE FRONTOVOE CEMETERY  
IN SOUTH-WESTERN CRIMEA**

Composition of 147 vessel glass samples from a cemetery of late 1<sup>st</sup> — late 4<sup>th</sup> / early 5<sup>th</sup> centuries, completely excavated on the outskirts of Sevastopol, has been studied with LA-ICP-MS technique. This data allows evaluating glass recycling practices in the workshops producing vessels for regional population. The data on vessel forms, their spread in the cemetery and the chemical composition of glass could yield the circumstantial evidence on the local glass working (most probably, in Chersonessos), time of its emergence

---

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 20-18-00396-П «Варвары и Рим в Юго-Западном Крыму: взаимодействие культур».

Статья поступила в номер 12 августа 2023 г.

Принята к печати 31 августа 2023 г.

and peculiarities. Glass vessels become widespread here from the 2<sup>nd</sup> century, and serial types, made of the “mixed” Sb-Mn glass occur at the same period. It could be related to the emergence of local glass working, based on the raw glass imported from Eastern Mediterranean, and the extensive glass recycling. Large-scale recycling is also typical for the late series of glass (and vessel types) especially widespread here (Foy-3.2, 3.2/2.1). Local glass working was therefore based on extensive use of cullet; this peculiarity is usually typical for the periphery of the Roman Empire, lacking the imported raw glass. Glass of the Egyptian origin form Frontovoe has much more pronounced evidence for recycling than of the Levantine one.

**Key words:** south-western Crimea, Roman period, glass, recycling, local glass working, LA-ICP-MS.

**About the authors:** Rumyantseva Olga<sup>1</sup>, PhD (History), Senior Researcher, Institute of Archeology of the Russian Academy of Sciences; Chervyakovskaya Maria<sup>2</sup>, PhD (Chemistry), Researcher, Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Chervyakovskiy Vasilii<sup>3</sup>, Junior Researcher, Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

**Contact information:** <sup>1</sup>117292, Russia, Moscow, 19 Dm. Ulyanova Str., Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences; e-mail: o.roumiantseva@mail.ru; <sup>2,3</sup>620110, Russia, Ekaterinburg, 15 Akademika Vonsovskogo Str., Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: <sup>2</sup>zaitseva.mv1991@gmail.com; <sup>3</sup>v.chervyakovskiy@mail.ru.

Одним из направлений в изучении состава стекла является анализ вторичных практик (окрашивания, глушения, вторичной переработки и пр.), использовавшихся древними мастерами. Информация о них существенно пополняет наши знания о производственных традициях, распространенных в разные исторические эпохи. В римское время стекло варилось в ограниченном числе крупных стекловаренных центров, преимущественно ближневосточных, откуда в виде полуфабрикатов распространялось по разветвленной сети европейских мастерских неполного цикла, где из него производились готовые изделия (Nenna et al. 1997; Foy et al. 2000; 2003; Freestone et al. 2000 и многие другие). И, если основной состав позволяет определить регион производства собственно стекла, то изучение технологических добавок и микропримесей дает также важную информацию о способах и сырье для его окрашивания, глушения и пр. Одной из наиболее распространенных практик являлась вторичная переработка стекла, когда, наряду с сырцом, в стекломассу добавлялся стекольный бой, намеренно собранный для нужд стеклоделательного производства (Jackson 1996; Foy 2003; Freestone 2015, там же см. ссылки на литературу). Сегодня на основании комплекса данных письменных и археологических (в т.ч. археометрических) источников исследователи сходятся во мнении, что практика эта распространяется с конца I в. н.э., хотя известна могла быть чуть раньше (см. ниже).

Импорт в римское время стекла-сырца, преимущественно ближневосточного, на дальние расстояния означает, что на основании его состава невозможно определить происхождение готовых изделий. Находки же мастерских — в частности, в Северном Причерноморье, довольно редки. Однако косвенную информацию о хронологии локального стеклоделательного производства, его особенностей и номенклатуры производимых изделий можно получить на основе косвенных данных о морфологии, технологических признаков и зон наибольшего распространения тех или иных типов изделий и пр.

Уникальную возможность для изучения практик работы со стеклом дают материалы могильника Фронтное 3, изученного экспедицией ИА РАН под руководством А.Н. Свиридова и С.В. Язикова<sup>1</sup> в 2018 г. Памятник конца I — конца IV/начала V вв. был полностью раскопан на окраине Севастополя (Гавритухин и др. 2020a). Выборка анализов стекла составляет 151 образец сосудов из более 230 обнаруженных на памятнике, что позволяет проводить исследования на репрезентативной группе материалов с учетом типологии, хронологии, состава и планиграфического распределения находок. На основе

<sup>1</sup> Выражаем благодарность А.Н. Свиридову и С.В. Язикову за любезно предоставленную возможность опубликовать материалы их раскопок

полученных данных мы попытаемся выделить признаки, которые могли быть характерны для местного стеклоделательного производства, определить его возможную хронологию и выявить характерные особенности. Могильник Фронтное расположен недалеко от Херсонеса, где свидетельства производства известны для позднеримского времени и предполагались для периода более раннего (Белов 1965; 1969; Голофаст 1998; Кунина, Сорокина 1972). При этом, безусловно, нужно учитывать, что могильник принадлежал не городскому, а варварскому населению округи Херсонеса, где могли быть свои особенности распространения стеклянной посуды, отличающиеся от существовавших в античных городах, в которых располагались мастерские.

Данные об основном составе стекла, изученного методов СЭМ-ЭДС, опубликованы (Румянцева 2022б). В дополнение к ним, в настоящее время методом ЛА-ИСП-МС изучено содержание в стекле из Фронтного следовых элементов, существенно дополняющих как информацию о происхождении стекла, так и о практиках его обработки. Анализ выполнен в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН, методика его проведения была ранее опубликована (Румянцева и др. 2019; Rumyantseva et al. 2023). Более подробно она также будет представлена в полной публикации результатов анализов стекла Фронтного, которые в настоящее время готовятся к печати.

Стекло могильника Фронтное 3 представлено преимущественно неокрашенным, но по большей части намеренно обесцвеченным материалом. В связи с этим данные о вторичных практиках связаны в первую очередь со вторичным использованием стекла в производстве.

### **Данные письменных и археологических источников о вторичном использовании стекла**

Открытие, что стеклом можно «переплавить», как считается, было тесно связано с изобретением стеклодувной техники (Stern 1999: 451), а объемы производимого и используемого в быту стекла отныне делали этот процесс экономически выгодным. Практика сбора стекломья с последующим его обменом на другие мелкие бытовые товары отражена в серии литературных произведений, начиная с эпохи Флавиев (69—96 гг.) — вероятно, с ранней ее части. К ним обычно относят отрывок из эпиграммы римского поэта Марциала (85/86—101/102 гг.) (Whitehouse 1999: 78), герой которой сравнивается с разносчиком из-за Тибра, меняющим битое стекло на «серные спички» (Martial, 1.41.1—5; Алексеева, Сорокина 2007: 38). «... Те, кто меняет серу на битое стекло», фигурируют также в сборнике стихов Стация «Сильвы», написанном в период с конца 80-х до 95 г. (Stadius, 1.6.70—74; Whitehouse 1999: 78). Совместное упоминание серы и битого стекла есть и в «Сатирах» Ювенала (конец I — начало II в.) (Juv., 5.48.). Большинство исследователей связывают все три перечисленные фрагмента с описанием практики сбора и обмена стекломья на серу, спички или, возможно, другие мелкие бытовые товары (Stern 1999: 450—451; Whitehouse 1999: 78; Foy 2003; Keller 2004: 67—68).

Тройное упоминание подобного обмена говорит о том, что данная практика была распространена в повседневной жизни римлян уже в последней четверти I в. н.э. (Keller 2004: 67). При этом одним из наиболее ранних археологических свидетельств сбора стекломья считается наполненная битым стеклом корзина, найденная на вилле Пизанелла в Помпеях. Обнаруженное здесь стекло было, очевидно, собрано на территории этого хозяйства, однако осталось невостребованным, т.к. вилла была разрушена в результате извержения Везувия в 79 г. н.э. (Foy 2003: 272; Keller 2004: 66). Данное свидетельство хорошо подтверждает начальную дату применения этой практики, полученную по источникам литературным (Stern 1999: 450—451; Keller 2004: 67). При этом Плиний Старший, погибший при извержении Везувия в 79 г., был, возможно, еще незнаком с этим свойством: он сообщает, что куски битого стекла могут быть лишь склеены, полностью расплавить их невозможно (Plin., 36. 199; Stern 1999: 451; Whitehouse 1999: 78; Keller 2004: 67). Если письменные источники указывают на Рим, то археологические данные подтверждают ее повсеместное применение. Начиная с I в. н.э., скопления битой стеклянной

посуды, предназначенной для переработки, находят на обширной территории от Великобритании до Египта (Price 1998: 337—338; Foy 2003: 274), включая города Северного Причерноморья (Алексеева, Сорокина 2007). Стекольный бой не только собирали, но и торговали им на дальние расстояния: подтверждением этому является судно Юлия Феликс, затонувшее у Адриатического побережья в Градо и датирующееся концом II—III вв. На нем была обнаружена бочка битого стекла (Silvestri et al. 2008).

К химическим элементам — маркерам применения в производстве стекольного боя относят обесцвечиватели (сурьму и марганец), а также микроконцентрации элементов, присутствующих в окрашенном стекле — медь, свинец, кобальт, олово, цинк и некоторые другие. Все известное на сегодня стекло, происходящее из стекловаренных центров, содержит только один обесцвечиватель (или не содержит его вовсе); присутствие и сурьмы, и марганца одновременно говорят о том, что в производстве использовался стеклобой (Freestone et al. 2015: 31, там же см. ссылки на литературу). Изучение средиземноморских песков показало, что естественный уровень сурьмы в них чаще всего менее 1,4 ppm; в единичных случаях он может достигать 20—30 ppm (Degryse 2014: 79, 84—85). Содержание марганца в песке может варьировать от 0.01 до 0.11% MnO (Degryse 2014: 79), однако для песка, подходящего для изготовления стекла, оно ниже. Д. Бремс определяет диапазон естественного содержания MnO в таких песках от 0,004 до 0,078 % (Brems et al. 2012). В ряде исследований на основе археометрических данных порог содержания марганца в стекле, обесцвеченном сурьмой, определяется как 250 ppm или 330 ppm (Gliozzo 2017, Schibille et al. 2016; подробнее по теме см. также Gratuze 2018: 351). На порог 250 ppm будем ориентироваться и мы.

Незначительное содержание металлов, связанных с красителями (кобальта, меди, свинца, олова и др.) в неокрашенном стекле обусловлено попаданием в стекломассу недостаточно тщательно отсортированного стеклобоя и фрагментов сосудов с цветными декоративными элементами (Jackson 1996 и др.; ссылки см.: Freestone 2015). Долгое время считалось, что их концентрации более 1000 ppm обусловлены чаще всего намеренным введением, содержания от 100 до 1000 ppm маркируют использование стеклобоя, а менее 100 ppm — говорят о применении чистого сырца или тщательно отсортированного боя. Однако со временем было установлено, что их естественная концентрация в песке стеклоделов существенно ниже 100 ppm (например, в исследованных средиземноморских песках содержание кобальта не превышало, как правило, 4,5 ppm, а медь вообще не была зафиксирована ни в одном из образцов) (Degryse 2014: 79). При этом в «свежем» сырце из стекловаренных центров содержание элементов-маркеров может быть выше, чем в песке — в том числе потому, что стеклобой мог добавляться не только во вторичных мастерских, но и на этапе варки стекла (Foy et al. 2003; Cholakova, Rehren 2018: 65; De Juan Ares et al. 2019: 28).

### Характеристика стекла по группам

На основании основного состава для материалов могильника Фронтное ранее было выделено 9 групп стекла. Стекло трех из них является продукцией сиро-палестинских стекловаренных центров, четырех — сварено предположительно на территории Египта. Стекло еще двух групп было определено как результат интенсивного применения стеклобоя.

В стекле *ранней части могильника* выделяется две модели использования сырья при изготовлении готовых сосудов. Первая — применение в качестве сырья (полуфабрикатов) «чистого» стекла-сырца, не имеющего или имеющего слабо выраженные признаки вторичного использования. Вторая — использование в производстве очень высокой доли стеклобоя. Первая модель представлена стеклом групп 1—3, выделенных по основному составу (Румянцева 2022б) — римского зелено-голубого; римского, обесцвеченного марганцем; обесцвеченного сурьмой. Стекло первых двух имеет сиро-палестинское происхождение, стекло третьей — египетское.

В стекле группы 1 (наиболее близком по составу римскому зелено-голубому, сиропалестинского происхождения) из 10 образцов 9 содержат менее 6 ppm сурьмы, один образец — 16 ppm; максимальная концентрация металлов-маркеров вторичного использования стекла, связанных с красителями (кобальта, меди, олова и свинца), в каждом из образцов в сумме не превышает 68 ppm (табл. 1: 1). Концентрация марганца в 9 из 10 из них — более 250 ppm, что считается порогом естественного содержания марганца в сырье, и составляет 436—5105 ppm (0,06—0,66% MnO). Порог намеренного введения марганца в содовое стекло обычно определяется как 0,5%, однако он дискуссионен (ссылки см.: Schibille 2022: 80). Считается также, что для полноценного обесцвечивания (т.е. нейтрализации красящего действия железа, содержащегося в песке) значение соотношения  $MnO/Fe_2O_3$  должно быть более 2 (Gratuze 2018: 352); для стекла данной группы оно не превышает 1,7, а в большинстве случаев — существенно ниже. Можно предположить, что в большинстве случаев в не обесцвеченной намеренно стекломассе присутствует переменное содержание обесцвеченного марганцем стеклобоя (реже — наоборот, в обесцвеченном стекле присутствует необесцвеченный стеклобой), однако прочие признаки вторичного использования в стекле данной группы отсутствуют. Хронологические рамки группы во Фронтвом определяются концом I—II в. (преимущественно первой его половиной). Это время, когда практика вторичного использования стекла только начинает широко распространяться (см. выше). Со II в. более популярным становится и стекло, обесцвеченное сурьмой, которое ранее использовалось только для производства посуды класса люкс (Schibille 2022: 36, там же см. ссылки на литературу). Возможно, относительная «чистота» этого стекла может отчасти объясняться хронологическими причинами.

Признаки использования стеклобоя практически не выражены и в стекле группы 2 (римское, обесцвеченное марганцем, также сиропалестинского происхождения). Из 8 образцов выраженные признаки вторичного использования характерны для двух: один из них содержит 267 ppm сурьмы; другой, с пограничным содержанием сурьмы (ок. 30 ppm), — свинец в концентрации 128 ppm, а также более высокую, чем в целом для данной группы, концентрацию олова (9 ppm) (табл. 1: 2). В остальном в образцах данной группы присутствует до 8 ppm сурьмы (в т.ч. в трех образцах — менее 3 ppm), а сумма четырех металлов, маркирующих вторичное использование стекла (см. выше), не превышает 102 ppm.

Время распространения стекла этой группы в Юго-Западном Крыму, судя по данным из Фронтвого, — чуть позже, чем римского зелено-голубого, и приходится на II — первую половину III в. В это время на территории Европы уже шире распространяется стекло, обесцвеченное сурьмой (часть которого содержит к тому же повышенные концентрации свинца, сопутствующие сурьме — Paynter 2006), что делает признаки вторичного использования более выраженными. Кроме того, практика вторичного использования уже широко распространена в это время на территории Римской империи.

Одну из наиболее «чистых» групп составляют сосуды из стекла египетского происхождения, обесцвеченного сурьмой (группа 3 в могильнике Фронтвое (Румянцева 2022б), группа 4 по Fou et al. 2004). Из 21 образца данной группы 17 представлены стеклом без признаков вторичного использования (содержание марганца — 78—130 ppm, суммарная концентрация металлов-маркеров — до 43 ppm) (табл. 1: 3). В могильнике Фронтвое время распространения стекла данной группы приходится на II—III вв., возможно, исключая начало II и конец III вв. (Румянцева 2022б). Один образец группы имеет пограничное содержание марганца (258 ppm); высокое содержание в нем свинца (7970 ppm) и, очевидно, олова (201 ppm) объясняется, вероятнее всего, не вторичным использованием стекла, а тем, что они либо являются геохимическими спутниками сурьмы, либо намеренно вводились в некоторых случаях в обесцвеченное сурьмой стекло, что наиболее характерно для раннего стекла этой группы, датирующегося I—II вв. (Paynter 2006). Он отличается также и более высоким содержанием сурьмы. Такое сочетание — высокое содержание сурьмы и свинца — считается также характерным признаком стекла эллинистического времени (Fou et al. 2004: 173). Во Фронтвом

погребение 73, содержащее бальзамарий такого состава, расположено на участке с могилами второй половины/конца II — первой половины III в. (Суханов 2021: 219; Гавритухин 2022).

«Чистота» стекла, обесцвеченного сурьмой, в целом типична для римской производственной традиции. Это самое высококачественное, идеально бесцветное стекло римского времени обычно берегли от смешения со стеклом, которое могло бы повлиять на качество итогового материала (Foster, Jackson 2010; Schibille et al. 2016 и др.).

Четыре образца этой группы отличают, тем не менее, слабо выраженные признаки добавления стеклобоя (табл. 1: 4). Содержание марганца в них составляет 294—577 ppm, а суммарное содержание металлов, маркирующих вторичное использование стекла, в трех из них чуть выше, чем в прочих образцах данной группы (84—87 ppm). Два из них — близкие друг другу по форме стаканы, а один относится к позднему типу бальзамариев<sup>2</sup>.

Самым представительным в ранней части могильника является стекло группы 4, содержащее одновременно два обесцвечивателя, что является маркером вторичного использования стекла. К ней принадлежат 36 образцов. Соотношение марганца и сурьмы, графически выраженное на диаграмме (рис. 1), не позволяет установить, сырец какой группы мог браться за основу. На диаграмме стекло «смешанного» состава отделено промежуточно как от стекла, обесцвеченного сурьмой, так и от обесцвеченного марганцем. Очевидно, доля стеклобоя в массе была очень существенной. Суммарное содержание прочих маркеров, маркирующих добавление стеклобоя (Cu, Co, Sn, Pb) ожидаемо высока и в части образцов превышает 200—300 ppm (табл. 1: 5); это самое высокое их содержание в стекле ранней части могильника. Интенсивное применение стеклобоя в целом характерно для производства, расположенного на периферии Римской империи. В качестве примера можно привести стекло римской Британии, в котором доля материала вторичного использования также очень велика (Foster, Jackson 2010). Близкая ситуация наблюдается и среди материалов мастерской, расположенной на черняховском поселении Комаров на Среднем Днестре (Rumyantseva et al. 2023). В то же время, подобная стратегия использования стекла характерна не только для периферии. Высокая доля стекла с двумя обесцвечивателями фиксируется и среди материалов конца II — первой половины III в. в Риме, как среди престижных сосудов, так и рядовых (Gliozzo et al. 2015). А ближе к концу III—IV вв. н.э., когда объемы поступления высококачественного обесцвеченного сурьмой стекла в Европу сокращаются, даже сосуды класса люкс начинают делать из стекла «смешанного» состава, содержащих марганец и сурьму одновременно (Cholakova et al. 2017; Nagel et al. 2018).

В контексте проблемы возможного времени появления стеклоделательного производства в Юго-западном Крыму интересно сопоставить данные о планиграфическом распределении сосудов из стекла разных групп (рис. 2) и их формах.

Сосуды из стекла группы 1 (римского зелено-голубого) распространены в самой ранней части могильника — прежде всего, на северо-западном участке, где стекло других групп еще не встречается (рис. 2: 1). Здесь преобладают могилы без стеклянных сосудов. И, хотя среди сосудов группы 1 половина представлена бальзамариями, можно отметить, что в целом они довольно разнообразны по морфологии, не образуя устойчивых серий (Румянцева 2022б: рис. 2).

Сосуды группы 2 также довольно разнообразны по морфологии, и это единичные находки, рассредоточенные по восточному и южному «лепесткам» могильника (рис. 2: 2, 2а). Напомним, что могильник развивался с северо-запада на юго-восток, при этом восточный «лепесток» — более ранний по времени, чем южный (Суханов 2021: 218—219, рис. 5; Гавритухин 2022). При проведении анализа удалось выявить всего восемь сосудов из стекла группы 2 в рамках довольно широкого хронологического периода — около полутора веков (Румянцева 2022б: рис. 3).

подавляющее большинство сосудов из стекла группы 3 (обесцвеченного сурьмой) сосредоточено в более позднем южном «лепестке» могильника — здесь встречено

---

<sup>2</sup> Морфологический анализ стеклянных сосудов из Фронтного готовится в настоящее время к публикации Л.А. Голофаст.

17 находок из 21 (рис. 2: 3); 4 сосуда происходят из захоронений более раннего восточного «лепестка» (Суханов 2021: 218—219, рис. 5). Это стекло — самое качественное из известного в римское время, и, вероятно, самое дорогое. Ряд исследователей считает, что именно оно упоминается в Эдикте о ценах Диоклетиана (301 г.) как «александрийское» бесцветное, и его цена в 1,5—2 раза превышает стоимость стекла «иудейского» зелено-голубого (Whitehouse 2004: 189 и другие; ссылки см.: Schibille 2022: 35). Тем не менее, количество находок из этого стекла более чем вдвое превышает число сосудов из сиропалестинского стекла групп 1 и 2, встреченных в погребениях могильника более раннего этапа. Одновременно с этим, на плане могильника (рис. 2) хорошо видно, как постепенно меняется соотношение захоронений с сосудами и без них. От северо-западного «ядра» могильника, где могилы со стеклянными сосудами единичны, к восточному, а затем к южному его лепестку доля захоронений, содержащих посуду из стекла, заметно возрастает.

Единичные сосуды из стекла с признаками вторичной переработки, отнесенного к группам 2 (римское бесцветное, Мп, погребения 3, 54) и 3 (обесцвеченное сурьмой, погребения 65, 70, 191, 213) имеют следующую хронологию. Самое раннее среди них — погребение 191, расположенное в поздней части восточного «лепестка» могильника и содержащее краснолаковую керамику второй хронологической группы, может быть отнесено ко II в. (Суханов 2021: 219). Два погребения, 65 и 70, расположенные в более позднем южном «лепестке» могильника, содержат лучковые одночленные фибулы, отнесенные И.О. Гавритухиным к горизонту ФЛ-4 второй половины II — середины / третьей четверти III в. (Гавритухин 2022); самое позднее захоронение 3 содержало двучленные лучковые фибулы горизонта ФЛ-5 и монету середины III в. (там же). То есть, практика применения в производстве стеклобоя в мастерских, работавших со стеклом этих групп, прослеживается по материалам Фронтального со II (возможно, второй половины) — первой половины III в.

Стекло «смешанного» состава с двумя обесцвечивателями появляется уже в ранних погребениях восточного «лепестка» могильника, однако наибольшее количество сосудов из него — более половины всех находок — встречено в южном «лепестке» (рис. 2: 4). Оно распространено здесь преимущественно во II—III вв., однако самые поздние единичные находки происходят уже из поздней части могильника. В раннем горизонте памятника сосуды из стекла данной группы составляют почти половину найденной здесь стеклянной посуды. Если судить по планиграфии, появление сосудов, изготовленных из стекла «смешанного» состава, совпадает с увеличением стекла в погребениях могильника в целом и сокращением числа могил без стеклянной посуды. С точки зрения форм, именно для этой группы характерно наличие наиболее ранних массовых серий — чаш, стаканов и бальзамариев, что может быть одним из признаков локального производства (Румянцева, 2022б: рис. 7—8). Именно к этой серии принадлежат две чаши из погребения 250 второй половины II в. (рис. 3: 5, 6), которые могли быть изготовлены из одной партии стекла, которые, вероятно, также могут быть связаны скорее с местным производством, чем поступить издалека (Румянцева, 2022а: 57, рис. 1: 5—6; см. также ниже).

Контраст между «чистыми» группами стекла практически без признаков вторичного использования и «смешанного» с очень интенсивным использованием стеклобоя как одного из компонентов сырья, при отсутствии переходных вариантов (рис. 1), позволяет говорить о двух традициях работы со стеклом. Наиболее вероятна связь второй из них с местным производством стеклянных изделий, существовавшим, скорее всего, в Херсонесе. Это не означает, что среди стекла «смешанного» состава отсутствуют импортные формы, прибывшие в Юго-Западный Крым издалека.

Интересной особенностью является более раннее, судя по планиграфии, появление среди материалов могильника стекла «смешанного» состава, чем стекла, обесцвеченного только сурьмой (рис. 2: 3, 4). Второе, попав в Юго-Западный Крым и просуществовав какое-то время в виде готовой посуды, со временем должно было быть собрано как стеклобой, став, таким образом, одним из компонентов первого. Вероятнее всего, данная особенность объясняется

разными ритмами распространения, объемами и качеством стекла, бывшего в обиходе в городах и у варварского населения, жившего в округе. Высококачественные сосуды из «чистого» стекла (преимущественно импортные — ?) могли на ранних этапах просто не попадать к населению, захороненному во Фронтном. Местные же изделия, более массово распространенные в регионе, могли начать проникать сюда раньше и в больших количествах.

В целом практика вторичного использования стекла начинает фиксироваться на материалах могильника, начиная со II в.

Можно предположить, что сосуды из сиропалестинского стекла групп 1 и 2 — малочисленные в могильнике, разнородные по форме и без выраженных признаков вторичного использования, скорее прибыли в Юго-Западный Крым в качестве импортов, чем были изготовлены в локальных мастерских. Ситуация с изделиями из стекла группы 3, обесцвеченного сурьмой, сложнее. Их находки более многочисленны и по времени приходится на период, когда местное производство уже, вероятно, существовало в Юго-Западном Крыму, а в римской технологической традиции это стекло в принципе берегли от смешения. В то же время, по морфологии они достаточно разнородны — однотипных серий среди них не выделяется. Ситуация, правда, осложняется тем, что именно сосуды данной группы чаще всего представлены в погребениях скоплением фрагментов, не позволяющих реконструировать формы (Румянцева 2022б). Исследуемый материал не позволяет делать предположения о месте их производства.

Среди групп, распространенных в переходной и поздней частях могильника, для стекла различного происхождения также можно выявить разные стратегии использования. Встреченное здесь стекло сиропалестинского происхождения (группа 5) не имеет выраженных признаков вторичного использования, в отличие от стекла египетского (группы 6 и 7), в которых эти признаки говорят об интенсивной вторичной переработке. Группа 8, также египетского происхождения, слишком мала, чтобы можно было опираться на статистические данные при ее анализе.

В стекле группы 5 (левантийского производства, обесцвеченного марганцем), встречающемся во Фронтном преимущественно в центральной части могильника (рис. 2: 5), на участке ближе к югу, в захоронениях середины III (или чуть ранее) — середины IV в. (Румянцева 2022б), признаки вторичной переработки практически отсутствуют. Из девяти образцов лишь два отличаются незначительно повышенным содержанием сурьмы (27 и 44 ppm); остальные 7 содержат до 1,5 ppm сурьмы (табл. 1: 6). Других выраженных признаков вторичного использования стекла также не выделяется: 7 образцов (в т.ч. с повышенной концентрацией сурьмы) содержат суммарно менее 40 ppm металлов, маркирующих вторичное использование стекла (кобальта, меди, свинца и олова), два — чуть более высокие концентрации, 70—74 ppm. Вероятно, сосуды из стекла данной группы изготовлены из «чистого» сырца или с минимальным добавлением стеклобоя (на этапе варки или в мастерской по производству готовых изделий).

Из шести образцов группы 8 (группа НИМТ египетского происхождения, время распространения во Фронтном — IV в., возможно, исключая начало — рубеж IV/V вв.) три содержат сурьму в концентрации до 8 ppm, из которых один имеет выраженные признаки применения стеклобоя — медь в концентрации 124 ppm; еще один образец отличается повышенным содержанием сурьмы (832 ppm), а также чуть более высоким, по сравнению с «чистыми» от признаков вторичного использования группами, суммарным содержанием металлов, маркирующих вторичное использование стекла — 111 ppm (в т.ч. 60 ppm меди) (табл. 1: 11). В целом общее содержание связанных с красителями металлов в данной группе выше, чем в «чистом» стекле ранней части могильника — от 60 до 197 ppm. Здесь, однако, нужно отметить, что и для сырца данной группы бывает характерно более высокое содержание перечисленных элементов, что может говорить об использовании стеклобоя уже на этапе варки стекла (Foy et al. 2003: Annexe 1: 49—53, 82—87); содержание сурьмы, однако, в сырце насчитывает 15—20, а не сотни ppm.

Стекло групп 6 и 7 (египетского происхождения — см. Румянцева 2022б) — самое многочисленное на могильнике — очень разнородно по концентрациям микропримесей, маркирующих применение стеклобоя (табл. 1: 7—10). Во Фронтном стекле этих групп встречается в захоронениях в IV в. (возможно, исключая его начало), доживая до финала могильника. Группа 6 идентична по составу средиземноморской серии Foy-3.2, группа 7 занимает промежуточное положение между сериями Foy-3.2 и распространенной в более позднее время Foy-2.1 (вторая половина V/VI — первая половина VII в.) (Румянцева 2022б).

Из 16 образцов группы 6 четыре не имеют признаков вторичного использования стекла (содержание сурьмы — до 5 ppm, сумма кобальта, меди, олова и свинца — до 31 ppm) (табл. 1: 7). В 11 они в разной степени выражены (табл. 1: 8), при этом большинство из них говорит об интенсивной вторичной переработке (концентрация сурьмы — 50—970 ppm, сумма остальных маркеров — 24—326 ppm). В одном образце они выражены исключительно сильно — суммарное содержание меди, кобальта, олова и свинца составляет 2417 ppm (в том числе меди — 1072 ppm, олова — 86 ppm, свинца — 1253 ppm).

Из 23 образцов группы 7 признаков вторичной переработки не имеют также три (содержание сурьмы — до 6 ppm, сумма прочих металлов — 15—40 ppm — табл. 1: 9); в 19 выражены признаки интенсивной вторичной переработки (концентрация сурьмы — 229—1382 ppm, сумма прочих маркеров — 82—780 ppm — табл. 1: 10). В одном образце признаки вторичной переработки выражены исключительно сильно — сумма кобальта, меди, олова и свинца в нем составляет 9026 ppm при содержании сурьмы 310 ppm.

Столь выраженные признаки интенсивного вторичного использования стекла, выявленные для группы 6 во Фронтном, в целом не типичны для стекла данной группы на территории Римской империи (Foy-3.2; Cholakova, Rehren 2018: 64). Однако на периферии империи, в зонах, очевидно, недостаточно хорошо снабжавшихся «свежим» сырцом, наблюдается схожая картина. Считается, что выделенная на материалах римской Британии группа НИМТ-2 — это результат смешения стекла серии Foy-3.2 со стеклобоем; нижняя дата распространения стекла данной группы определяется 330-ми годами (Foster, Jackson 2009; Jackson, Foster 2014; Schibille 2022: 39), т.е., очень близка хронологически группе 6 из Фронтного. На поселении Комаров на Среднем Днестре, где была изучена стеклоделательная мастерская, наряду с «чистым» сырцом, зафиксированы единичные куски эрклеза (невыработанной стекломассы) группы Foy-3.2 с признаками вторичной переработки (Rumyantseva et al. 2023). В отличие от серии Foy-3.2, стекло серии Foy-2.1 в Западной и Центральной Европе — более позднее по времени распространения — имеет выраженные признаки использования стеклобоя, причем, очевидно, уже на этапе варки стекла (Foy et al. 2003; Cholakova, Rehren 2018: 65; De Juan Ares et al. 2019: 28). Во Фронтном группа 7 абсолютно лидирует по выраженности признаков вторичной переработки — здесь зафиксированы самые высокие содержания ее маркеров (за исключением сурьмы, содержание которой выше в группе 4). В Комарове стекло, аналогичное по составу группе 7, также имеет признаки вторичного использования, однако среднее содержание маркеров переработки в нем ниже (Rumyantseva et al. 2023).

Стекло группы 9 не обладает однородным составом, позволяющим соотнести его с какой-либо из известных нам средиземноморских групп. В нее были объединены изделия из стекла, полученного, предположительно, в результате смешения материала разных групп позднего горизонта. Поэтому довольно неожиданно, что более половины из них (9 образцов из 13) не несут признаков интенсивного вторичного использования стекла (содержание сурьмы — до 9 ppm, сумма прочих маркеров — 18—88 ppm) (табл. 1: 12). В остальных четырех эти признаки выражены в разной степени (концентрация сурьмы — 270—1037 ppm, сумма прочих маркеров — 36—228 ppm — табл. 1: 13). Таким образом, состав и происхождение стекла данной группы нуждаются в более глубоком дальнейшем изучении.

Находки сосудов из стекла групп 6 и особенно 7 — среди самых массовых на могильнике и абсолютно преобладают в его поздней части. Кроме того, большинство

сосудов предположительно местного (херсонесского?) производства изготовлены из стекла именно этих групп. Речь идет, в первую очередь, о серии стаканов типа I (группы 6, 7) и находке стакана типа II.1 (группа 7), выделенных на материалах могильника Дружное (рис. 4). В IV в. они становятся самыми популярными типами посуды у варварского населения Центрального и Юго-Западного Крыма и одними из самых распространенных в предгорном Крыму (Храпунов 2002: 56; Gavritukhin et al. 2021: 102).

Помимо групп 6 и 7, стаканы данных предположительно «локальных» типов изготовлены также из стекла группы 5 (левантийского происхождения) и «смешанного» группы 4 с двумя обесцвечивателями; один экземпляр типа II.1 изготовлен также из обесцвеченного сурьмой стекла без признаков вторичной переработки.

Сопоставление «локальных» форм с составом стекла, из которого они сделаны, подтверждают, таким образом, предположение о том, что в качестве сырья для местного производства в юго-западном Крыму служили группы стекла, в составе которых присутствует высокая доля стекла вторичной переработки: группа 6 (Fou-3.2), группа 7 (Fou-3.2/2.1), «смешанного» группы 4 с марганцем и сурьмой. Особое место среди них занимает стекло группы 5 сиро-палестинского происхождения: оно не несет выраженных признаков вторичной переработки, однако «местные» формы стаканов из такого стекла делались. Предположение о его использовании в локальном производстве косвенно подтверждается и наличием в одном из погребений могильника двух колбообразных бутылей, изготовленных из единой порции стекла, для которых мы также предполагали ранее местное производство (Румянцева 2022а) (рис. 3: 7, 8). Интересная параллель в тактике использования сиро-палестинского стекла прослеживается в римской Британии: там, на окраине Римской империи, где применение в производстве стеклобоя интенсивно практиковалось, стекло левантийской I группы также не несет признаков вторичной переработки; правда, в том случае речь идет о естественно окрашенном, не обесцвеченном стекле (Jackson, Foster 2014: 10, 12). Возможно, это обусловлено какими-то технологическими причинами.

В стекле двух сосудов групп 6 и 7 маркеры, связанные с красителями, присутствуют в особенно высоких концентрациях (погребения 50 и 51, стакан типа I по И.Н. Храпунову и конический кубок с синими налпами (рис. 5: 1, 2); медь — 1072 и 1681 ppm (0,11 и 0,17%), свинец — 1252 и 6908 ppm (0,12 и 0,69 %), олово — 86 и 413 ppm). Подобные концентрации данных элементов, в первую очередь — меди и свинца, чаще всего встречаются в средневековом неокрашенном стекле — на этапе, когда европейские мастерские начинают испытывать недостаток в поступлении «свежего» сырца из восточномедиземноморских стекловаренных центров, и основным сырьем становится стекольный бой более раннего времени. Считается, что данные элементы либо накапливаются в ходе многократных переплавок, либо попадают в стекло при намеренном добавлении для объема определенной доли окрашенного материала — например, римских мозаик (Jackson 1996; Schibille, Freestone 2013). Однако иногда подобное стекло встречается и в более раннее время, в т.ч. в позднеримское (Verita 2009; Rumyantseva et al. 2023). Во Фронтном одно из захоронений с сосудами из подобного стекла относится к гуннскому времени (Гавритухин и др. 2020б: 240), дата второго нуждается в уточнении. Не исключено, что мастерские, из которых происходят данные сосуды, испытывали сложности с поставками сырья для производства, однако, учитывая единичный характер таких находок, обсуждать эту особенность преждевременно.

Зависимости между формами сосудов, датой погребения и степенью выраженности признаков вторичного использования для групп 6 и 7 не выявляется. Стакан типа I по системе И.Н. Храпунова в одном случае изготовлен из «чистого» стекла (группа 7, погребение 51), в одном — из стекла, в котором признаки вторичного использования выражены особенно интенсивно (группа 6, погребение 50). В двух случаях сосуды из «чистого» от примесей-маркеров стекла группы 7 происходят из могил гуннского времени — позднейших на памятнике (погребения 51, 86 — см. Гавритухин и др., 2020). В погребении 51 гуннского времени стакан типа I без признаков вторичного использования стекла найден вместе с коническим кубком, в стекле которого эти признаки выражены наиболее интенсивно.

## Сосуды, изготовленные из единой порции стекла

Ранее мы высказывали предположение, что в шести случаях пары сосудов абсолютно идентичного состава, происходящих из одного погребения, изготовлены из единой порции стекла. Они, скорее всего, являются продукцией местного производства — в этом случае шансы пройти весь путь от мастерской до потребителя и в итоге оказаться в одном комплексе у них были выше, чем у далеких импортов — особенно с учетом того, что такой пример не единичен (Румянцева 2022а). Данные по содержанию микроэлементов в целом не противоречат результатам изучения основного состава<sup>3</sup>. Помимо упомянутых выше колбообразных бутылей из стекла группы 5 (погребение 41) и стакана и чаши из стекла «смешанного» состава (погребение 250), в таких парах встречены два кувшина разных типов (Румянцева, 2022а: рис. 1: 2, 4) и еще несколько колб, изготовленных из стекла групп 6 и 7 (Фоу-3.2 и Фоу-3.2/2.1) (рис. 3). То есть, на основе этих данных получается тот же набор групп стекла, предположительно использовавшихся в местном производстве, что и при комплексном анализе состава, морфологии и планиграфического распределения сосудов.

Время распространения стекла групп 6 и 7 — IV в., возможно, исключая его начало — рубеж IV/V вв. — хорошо согласуется с датой свидетельств стеклоделательного производства конца IV — первой половины V в., изученных в XXV квартале Херсонеса (Голофаст 1998: 316).

## Заключение

На основе данных о содержании следовых элементов, среди стекла могильника Фронтное выделяется две модели его использования при изготовлении посуды. Одна из них — применение чистого сырца или с очень незначительной примесью стеклобоя, признаки которого практически не фиксируются в составе (возможно, добавлялся на этапе варки в стекловаренном центре) — характерна в большей степени для стекла сиро-палестинского происхождения и ранней группы высококачественного египетского стекла. Результаты анализов показывают, что для перечисленных групп «естественное» содержание маркеров использования вторсырья крайне низко и даже суммарно не достигает 100 ppm, обычно не превышая уровень в 50—70 ppm. Вторая модель — интенсивное вторичное использование стекла в мастерских по производству посуды, найденной в могильнике Фронтное 3. Судя по косвенным признакам, выявленным на основе данных о составе, морфологии и планиграфическом распределении находок на территории памятника, можно полагать, что интенсивное вторичное использование стекла было характерно для местного стеклоделательного производства, существовавшего в Юго-Западном Крыму (вероятнее всего, в Херсонесе). Его сырьевой базой, таким образом, было привозное стекло-сырец, который смешивался с высокой долей стеклобоя. Судя по этим данным, производство стеклянной посуды появляется в регионе уже во II в. Это не означает, однако, что все сосуды из стекла подобного сосуда связаны с местным производством — среди них есть, безусловно, и далекие импорты.

В то же время, все полученные нами данные являются косвенными. Ограничения исследуемого источника обусловлены еще и тем, что исследован один (хотя и полностью раскопанный) памятник из округа Херсонеса. Эти данные было бы интересно сопоставить с результатами аналогичного исследования стекла из городских слоев и некрополя Херсонеса. Окончательные выводы могут быть сделаны после исследования, в т.ч. археометрического, непосредственно свидетельств стеклоделательного производства в городских слоях рассматриваемого периода.

<sup>3</sup> Результаты анализа в настоящее время готовятся к публикации

## Литература

- Алексеева Е.М., Сорокина Н.П. 2007. *Коллекция стекла античной Горгиии*. Москва: Интербук-бизнес.
- Белов Г.Д. 1965. Стеклоделие в Херсонесе. *СА* 3, 237—239.
- Белов Г.Д. 1969. Стеклоделательная мастерская в Херсонесе. *КСИА* 116, 80—84.
- Гавритухин И.О. 2022. Подвязные лучковые фибулы из могильника Фронтное 3 (типология и хронология). В: Мастыкова А.М., Хайрединова Э.А. (отв. ред.). *Могильник римского времени Фронтное-3: варвары на границах Империи*. Москва: ИА РАН, 22—42.
- Гавритухин и др. 2020а: Гавритухин И.О., Свиридов А.Н., Язиков С.В. 2020. Могильник римского времени Фронтное 3 в Юго-Западном Крыму (предварительное сообщение). *РА* 2, 91—110.
- Гавритухин и др. 2020б: Гавритухин И.О., Мастыкова А.В., Свиридов А.Н., Суханов Е.В., Язиков С.В. 2020. Финал могильника Фронтное 3 (к изучению миграций в Юго-Западном Крыму на закате античности). *Stratum plus* 4, 235—247.
- Голофаст Л.А. 1998. К вопросу о стеклоделии в ранневизантийском Херсонесе. *МАИЭТ* VI, 312—326.
- Кунина Н.З., Сорокина Н.П. 1972. Стекланные бальзамарии Боспора. *ТТЭ* 13, 146—177.
- Румянцева О.С. 2022а. Состав стекла из могильника Фронтное 3 и локальное стеклоделательное производство в Юго-Западном Крыму. Могильник римского времени Фронтное-3: варвары на границах Империи. В: Мастыкова А.М., Хайрединова Э.А. (отв. ред.). *Могильник римского времени Фронтное-3: варвары на границах Империи*. Москва: ИА РАН, 54—62.
- Румянцева О.С. 2022б. Стекло могильника Фронтное 3 в Юго-Западном Крыму: хронология, динамика распространения и производственные центры (по данным химического состава). *МАИЭТ* XXVII, 72—116.
- Румянцева и др. 2019: Румянцева О.С., Кадиева А.А., Демиденко С.В., Ханин Д.А., Червяковская М.В., Трифонов А.А. 2019. Стекланные изделия раннесредневековых могильников горной зоны центральных районов Северного Кавказа: химический состав и данные о происхождении. *КСИА* 255, 32—49.
- Суханов Е.В. 2021. Краснолаковая керамика конца I — первой половины III вв. из могильника Фронтное 3 (хронологический и планиграфический анализ). *Stratum plus* 4, 211—220.
- Храпунов И.Н. 2002. *Могильник Дружное (III—IV вв. н.э.)*. Lublin: Wydawnictwo uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
- Brems et al. 2012: Brems D., Degryse P., Hasendoncks F., Gimeno D., Silvestri A., Vassilieva E., Luypaers S., Honings J. 2012. Western Mediterranean sand deposits as a raw material for Roman glass production. *JAS* 39, 2835—2907.
- Cholakova et al. 2017: Cholakova A., Rehren Th., Gratuze B., Lankton J. 2017. Glass Coloring Technologies of Late Roman Cage Cups: Two Examples from Bulgaria. *JGS* 59, 117—133.
- Cholakova A., Rehren T. 2018. A Late Antique manganese-decoloured glass composition: Interpreting patterns and mechanisms of distribution. In: Rosenow D., Phelps M., Meek A., Freestone I. (eds.). *Things that Travelled: Mediterranean Glass in the First Millennium CE*. London: UCL Press, 46—71.
- Degryse P. (ed) 2014. *Glass Making in the Greco-Roman World*. Leuven: Leuven University Press (Studies in Archaeological Sciences 4).
- De Juan Ares et al. 2019: De Juan Ares J., Vigil-Escalera Guirada A., Cáceres Gutiérrez Y., Schibille N. 2019. Changes in the supply of eastern Mediterranean glasses to Visigothic Spain. *JAS* 107, 23—31.
- Foster H.E., Jackson C.M. 2009. The composition of “naturally coloured” late Roman vessel glass from Britain and the implications for models of glass production and supply. *JAS* 36, 189—204.
- Foster H.E., Jackson C.M. 2010. The composition of late Romano-British colourless vessel glass: glass production and consumption. *JAS* 37, 3068—3080.
- Foy D. 2003. Recyclages et réemplois dans l’artisanat du verre. Quelques exemples antiques et médiévaux. In: Ballet P., Cordier P., Dieudonné-Glad N. (eds.). *La ville et ses déchets dans le monde romain. Rebut et recyclages (Actes du colloque 19-21 sept. 2002, Poitiers)*. Montagnac: Éditions Monique Mergoïl, 271—276.
- Foy et al. 2000: Foy D., Vichy M., Picon M. 2000. Les matières premières du verre et la question des produits semi-finis. Antiquité et Moyen Age. In: Pétrequin P., Fluzin Ph., Thiriot J., Benoit P. (eds.). *Arts du feu et productions artisanales. XXe Rencontres internationales d’Archéologie et d’Histoire d’Antibes (21-23 octobre 1999)*. Antibes: Éditions APDCA, 419—433.
- Foy et al. 2003: Foy D., Picon M., Vichy M., Thirion-Merle V. 2003. Caractérisation des verres de la fin de l’Antiquité en Méditerranée occidentale: l’émergence de nouveaux courants commerciaux. In: Foy D., Nenna M.-D. (eds.). *Échanges et commerce du verre dans le monde antique. Actes du colloque de l’AFAV. Aix-en-Provence et Marseille, 7-9 juin 2001*. Montagnac: Éditions Monique Mergoïl, 41—85.

- Foy et al. 2004: Foy D., Thirion-Merle V., Vichy M. 2004. Contribution à l'étude des verres antiques décolorés à l'antimoine. *Revue d'Archéométrie* 28, 169—177.
- Freestone I.C. 2015. The Recycling and Reuse of Roman Glass: Analytical Approaches. *JGS* 57, 29—40.
- Freestone et al. 2000: Freestone I.C., Gorin-Rosen Y., Hughes M.J. 2000. Composition of primary glass from Israel. In: Nenna M.-D. (ed.). *La route du verre: Ateliers primaires et secondaires de verriers du second millinaire av. J.-C. au Moyen-Age*. Lyon: Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux, 65—84 (Travaux de la Maison de l'Orient méditerranéen 33).
- Gavritukhin et al. 2021: Gavritukhin I., Golofast L., Mastykova A., Sukhanov E., Sviridov A., Yazikov S. The cemetery of Frontovoe 3: New data on the culture of the Crimea in the Roman and Early Great Migration Periods *Študijné zvesti Archeologického ústavu Slovenskej akadémie vied* 68 (1), 87—118. DOI: <https://doi.org/10.31577/szausav.2021.68.4>.
- Gliozzo E. 2017. The composition of colourless glass: a review. *Archaeological and Anthropological Science* 9, 455—483
- Gliozzo et al. 2015: Gliozzo E., Lepri B., Saguì L., Turbanti Memmi I. 2015. Colourless glass from the Palatine and Esquiline hills in Rome (Italy). New data on antimony- and manganese-decoloured glass in the Roman period. *Archaeological and Anthropological Sciences* 9 (2), 165—180. DOI: 10.1007/s12520-015-0264-1.
- Gratuze B. 2018. Contribution à l'étude des verres décolorés à l'antimoine. In: Foy D., Labaune-Jean F., Leblond C., Martin Pruvot Ch., Marty M.-Th., Massart C., Munier C., Robin L., Roussel-Ode J. *Verres incolores de l'Antiquité romaine en Gaule et aux marges de la Gaule*. Vol. 2. *Typologie—Analyses*. Oxford: Archaeopress (Archaeopress Roman Archaeology 42).
- Jackson C. 1996. From Roman to early medieval glasses. Many happy returns or a new birth. In: *Annales du 13e Congrès De l'Association Internationale Pour l'histoire Du Verre*. Loche: AIHV, 289—301.
- Jackson C., Foster H. 2014. The last Roman glass in Britain: recycling at the periphery of the empire. In: Keller D., Price J., Jackson C. (eds.). *Neighbours and successors of Rome. Traditions of glass production and use in Europe and the Middle East in the later 1st millennium AD*. Oxford, Philadelphia: Oxbow, 6—14.
- Keller D. 2004: Social and economic aspects of glass recycling. In: Bruhn J., Croxford B., Grigoropoulos D. (eds.). *TRAC 2004: Proceedings of the Fourteenth Annual Theoretical Roman Archaeology Conference. Durham, 2004*. Oxford: Oxbow, 65—78.
- Nagel et al. 2018: Nagel S., Paz B., Behrendet S. 2018. Tief ins Glas geschaut... Das Potenzial zerstörungsfreier Analysemethoden am Beispiel spätantiker figürlich graviertes Gläser. *Archäometrie und Denkmalpflege*, 136—139.
- Nenna M.-D., Picon M., Vichy M. 1997. L'atelier de verrier de Lyon et l'origine des verres "romains". *Revue d'archéométrie* 21, 81—87.
- Paynter S. 2006. Analyses of colourless Roman glass from Bilchester, County Durham, *JAS* 33, 1037—1057.
- Price J. 1998. The social context of glass production in Roman Britain. In: McCray P., Kingery W.D. (eds.). *The prehistory and history of glassmaking technology*. Westerville: American Ceramic Society, 331—348 (Ceramics and Civilization 8).
- Rumyantseva et al. 2023: Rumyantseva O., Trifonov A., Khanin D., Chervyakovskaya M., Chervyakovskiy V. 2023. Raw glass and glassworking practices beyond the Roman limes: A case study of the late Roman workshop in Komarov (Middle Dniester, Western Ukraine). *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 74 (1), 51—69.
- Schibille N. 2022. *Islamic glass in the making: Chronological and geographical dimensions*. Leuven: Leuven University Press (Studies in Archaeological Sciences 7).
- Schibille N., Freestone I.C. 2013. Composition, Production and Procurement of Glass at San Vincenzo al Volturno: An Early Medieval Monastic Complex in Southern Italy. *PLoS ONE* 8(10): e76479. DOI: 10.1371/journal.pone.0076479.
- Schibille N., Sterrett-Krause A., Freestone I.C. 2016. Glass groups, glass supply and recycling in late Roman Carthage. *Archaeological and Anthropological Sciences* 9 (6), 1223—1241.
- Silvestri A., Molin G., Salviulo G. 2008. The colourless glass of Iulia Felix. *JAS* 35, 331—341.
- Stern E.M. 1999. Roman Glassblowing in a Cultural Context. *American Journal of Archaeology* 103. No. 3, 441—484.
- Verità M. 2009. Italian window glass chemical composition from the Roman time to the 18<sup>th</sup> century. In: Lagabrielle S., Philippe M. (dir.). *Verre Et Fenêtre de L'Antiquité Au XVIIIe Siècle: Actes Du Premier Colloque International de L'association Verre & Histoire, Paris-La Défense-Versailles, 13-15 Octobre 2005*. Paris: Verre et histoire.
- Whitehouse D. 1999. Glass in the Epigrams of Martial. *JGS* 41, 73—81.
- Whitehouse D. 2004. Glass in the Price Edict of Diokletian. *JGS* 46, 189—191.

## References

- Alekseeva, E.M., Sorokina, N.P. 2007. *Kollektsiya stekla antichnoy Gorgippii (Antique Gorgippia glass collection)*. Moscow: Interbuk-biznes (in Russian).
- Belov, G.D. 1965. In *Sovetskaya arheologiya (Soviet Archaeology)* 3, 237—239 (in Russian).
- Belov, G.D. 1969. In *Kratkie soobshheniya Instituta arkheologii (Brief Reports of the Institute of Archaeology)* 116, 80—84 (in Russian).
- Gavritukhin, I.O. 2022. In: Mastykova, A.M., Khayredinova, E.A. (eds.). *Mogil'nik rimskogo vremeni Frontovoye-3: varvary na granitsakh Imperii (The burial ground of the Roman period Front-line-3: barbarians on the borders of the Empire)*. Moscow: IA RAN, 22—42 (in Russian).
- Gavritukhin et al. 2020a: Gavritukhin, I.O., Sviridov, A.N., Yazikov, S.V. 2020. In *Rossiyskaya arkheologiya (Russian Archaeology)* 2, 91—110 (in Russian).
- Gavritukhin et al. 2020b: Gavritukhin, I.O., Mastykova, A.V., Sviridov, A.N., Sukhanov, E.V., Yazikov, S.V. 2020. In *Stratum plus* 4, 235—247 (in Russian).
- Golofast, L.A. 1998. In *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii (Materials in Archaeology, History and Ethnography of Tauria)* VI, 312—326 (in Russian).
- Kunina, N.Z., Sorokina, N.P. 1972. In *Trudy Gosudarstvennogo Ermitazha (Proceedings of the State Hermitage Museum)* 13, 146—177 (in Russian).
- Rumyantseva, O.S. 2022a. In: Mastykova, A.M., Khayredinova, E.A. (eds.). *Mogil'nik rimskogo vremeni Frontovoye-3: varvary na granitsakh Imperii (The burial ground of the Roman period Front-line-3: barbarians on the borders of the Empire)*. Moscow: IA RAN, 54—62 (in Russian).
- Rumyantseva, O.S. 2022b. In *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii (Materials in Archaeology, History and Ethnography of Tauria)* XXVII, 72—116 (in Russian).
- Rumyantseva et al. 2019: Rumyantseva, O.S., Kadiyeva, A.A., Demidenko, S.V., Khanin, D.A., Chervyakovskaya, M.V., Trifonov, A.A. 2019. In *Kratkie soobshheniya Instituta arkheologii (Brief Reports of the Institute of Archaeology)* 255, 32—49 (in Russian).
- Sukhanov, E.V. 2021. In *Stratum plus* 4, 211—220 (in Russian).
- Khrapunov, I.N. 2002. *Mogil'nik Druzhnoye (III—IV vv. n.e.) (Druzhnoye burial ground (3<sup>rd</sup> — 4<sup>th</sup> centuries CE))*. Lublin: Wydawnictwo uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej (in Russian).
- Brems et al. 2012: Brems, D., Degryse, P., Hasendoncks, F., Gimeno, D., Silvestri, A., Vassilieva, E., Luypaers, S., Honings, J. 2012. Western Mediterranean sand deposits as a raw material for Roman glass production. *JAS* 39, 2835—2907.
- Cholakova et al. 2017: Cholakova, A., Rehren, Th., Gratuze, B., Lankton, J. 2017. Glass Coloring Technologies of Late Roman Cage Cups: Two Examples from Bulgaria. *JGS* 59, 117—133.
- Cholakova, A., Rehren, T. 2018. A Late Antique manganese-decoloured glass composition: Interpreting patterns and mechanisms of distribution. In: Rosenow, D., Phelps, M., Meek, A., Freestone, I. (eds.). *Things that Travelled: Mediterranean Glass in the First Millennium CE*. London: UCL Press, 46—71.
- Degryse, P. (ed) 2014. *Glass Making in the Greco-Roman World*. Leuven: Leuven University Press (Studies in Archaeological Sciences 4).
- De Juan Ares et al. 2019: De Juan Ares, J., Vigil-Escalera Guirada, A., Cáceres Gutiérrez, Y., Schibille, N. 2019. Changes in the supply of eastern Mediterranean glasses to Visigothic Spain. *JAS* 107, 23—31.
- Foster, H.E., Jackson, C.M. 2009. The composition of “naturally coloured” late Roman vessel glass from Britain and the implications for models of glass production and supply. *JAS* 36, 189—204.
- Foster, H.E., Jackson, C.M. 2010. The composition of late Romano-British colourless vessel glass: glass production and consumption. *JAS* 37, 3068—3080.
- Foy, D. 2003. Recyclages et réemplois dans l'artisanat du verre. Quelques exemples antiques et médiévaux. In: Ballet, P., Cordier, P., Dieudonné-Glad, N. (eds.). *La ville et ses déchets dans le monde romain. Rebut et recyclages (Actes du colloque 19-21 sept. 2002, Poitiers)*. Montagnac: Éditions Monique Mergoïl, 271—276.
- Foy et al. 2000: Foy, D., Vichy, M., Picon, M. 2000. Les matières premières du verre et la question des produits semi-finis. Antiquité et Moyen Age. In: Pétrequin, P., Fluzin, Ph., Thiriot, J., Benoit, P. (eds.). *Arts du feu et productions artisanales. XXe Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes (21-23 octobre 1999)*. Antibes: Éditions APDCA, 419—433.
- Foy et al. 2003: Foy, D., Picon, M., Vichy, M., Thirion-Merle, V. 2003. Caractérisation des verres de la fin de l'Antiquité en Méditerranée occidentale: l'émergence de nouveaux courants commerciaux. In: Foy, D., Nenna, M.-D. (eds.). *Échanges et commerce du verre dans le monde antique. Actes du colloque de l'AFAV. Aix-en-Provence et Marseille, 7-9 juin 2001*. Montagnac: Éditions Monique Mergoïl, 41—85.

- Foy et al. 2004: Foy, D., Thirion-Merle, V., Vichy, M. 2004. Contribution à l'étude des verres antiques décolorés à l'antimoine. *Revue d'Archéométrie* 28, 169—177.
- Freestone, I.C. 2015. The Recycling and Reuse of Roman Glass: Analytical Approaches. *JGS* 57, 29—40.
- Freestone et al. 2000: Freestone, I.C., Gorin-Rosen, Y., Hughes, M.J. 2000. Composition of primary glass from Israel. In: Nenna, M.-D. (ed.). *La route du verre: Ateliers primaires et secondaires de verriers du second millinaire av. J.-C. au Moyen-Age*. Lyon: Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux, 65—84 (Travaux de la Maison de l'Orient méditerranéen 33).
- Gavritukhin et al. 2021: Gavritukhin, I., Golofast, L., Mastykova, A., Sukhanov, E., Sviridov, A., Yazikov, S. The cemetery of Frontovoe 3: New data on the culture of the Crimea in the Roman and Early Great Migration Periods *Študijné zvesti Archeologického ústavu Slovenskej akadémie vied* 68 (1), 87—118. DOI: <https://doi.org/10.31577/szausav.2021.68.4>.
- Gliozzo, E. 2017. The composition of colourless glass: a review. *Archaeological and Anthropological Science* 9, 455—483
- Gliozzo et al. 2015: Gliozzo, E., Lepri, B., Sagui, L., Turbanti Memmi, I. 2015. Colourless glass from the Palatine and Esquiline hills in Rome (Italy). New data on antimony- and manganese-decoloured glass in the Roman period. *Archaeological and Anthropological Sciences* 9 (2), 165—180. DOI: 10.1007/s12520-015-0264-1.
- Gratuze, B. 2018. Contribution à l'étude des verres décolorés à l'antimoine. In: Foy, D., Labaune-Jean, F., Leblond, C., Martin Pruvot, Ch., Marty, M.-Th., Massart, C., Munier, C., Robin, L., Roussel-Ode, J. *Verres incolores de l'Antiquité romaine en Gaule et aux marges de la Gaule*. Vol. 2. *Typologie—Analyses*. Oxford: Archaeopress (Archaeopress Roman Archaeology 42).
- Jackson, C. 1996. From Roman to early medieval glasses. Many happy returns or a new birth. In: *Annales du 13e Congrès De l'Association Internationale Pour l'histoire Du Verre*. Loche: AIHV, 289—301.
- Jackson, C., Foster, H. 2014. The last Roman glass in Britain: recycling at the periphery of the empire. In: Keller, D., Price, J., Jackson, C. (eds.). *Neighbours and successors of Rome. Traditions of glass production and use in Europe and the Middle East in the later 1st millennium AD*. Oxford, Philadelphia: Oxbow, 6—14.
- Keller, D. 2004: Social and economic aspects of glass recycling. In: Bruhn, J., Croxford, B., Grigoropoulos, D. (eds.). *TRAC 2004: Proceedings of the Fourteenth Annual Theoretical Roman Archaeology Conference. Durham, 2004*. Oxford: Oxbow, 65—78.
- Nagel et al. 2018: Nagel, S., Paz, B., Behrendet, S. 2018. Tief ins Glas geschaut... Das Potenzial zerstörungsfreier Analysemethoden am Beispiel spätantiker figürlich graviertes Gläser. *Archäometrie und Denkmalpflege*, 136—139.
- Nenna, M.-D., Picon, M., Vichy, M. 1997. L'atelier de verrier de Lyon et l'origine des verres "romains". *Revue d'archéométrie* 21, 81—87.
- Paynter, S. 2006. Analyses of colourless Roman glass from Bilchester, County Durham, *JAS* 33, 1037—1057.
- Price, J. 1998. The social context of glass production in Roman Britain. In: McCray, P., Kingery, W.D. (eds.). *The prehistory and history of glassmaking technology*. Westerville: American Ceramic Society, 331—348 (Ceramics and Civilization 8).
- Rumyantseva et al. 2023: Rumyantseva, O., Trifonov, A., Khanin, D., Chervyakovskaya, M., Chervyakovskiy, V. 2023. Raw glass and glassworking practices beyond the Roman limes: A case study of the late Roman workshop in Komarov (Middle Dniester, Western Ukraine). *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 74 (1), 51—69.
- Schibille, N. 2022. *Islamic glass in the making: Chronological and geographical dimensions*. Leuven: Leuven University Press (Studies in Archaeological Sciences 7).
- Schibille, N., Freestone, I.C. 2013. Composition, Production and Procurement of Glass at San Vincenzo al Volturno: An Early Medieval Monastic Complex in Southern Italy. *PLoS ONE* 8(10): e76479. DOI: 10.1371/journal.pone.0076479.
- Schibille, N., Sterrett-Krause, A., Freestone, I.C. 2016. Glass groups, glass supply and recycling in late Roman Carthage. *Archaeological and Anthropological Sciences* 9 (6), 1223—1241.
- Silvestri, A., Molin, G., Salviulo, G. 2008. The colourless glass of Iulia Felix. *JAS* 35, 331—341.
- Stern, E.M. 1999. Roman Glassblowing in a Cultural Context. *American Journal of Archaeology* 103. No. 3, 441—484.
- Verità, M. 2009. Italian window glass chemical composition from the Roman time to the 18<sup>th</sup> century. In: Lagabrielle, S., Philippe, M. (dir.). *Verre Et Fenêtre de L'Antiquité Au XVIIIe Siècle: Actes Du Premier Colloque International de L'association Verre & Histoire, Paris-La Défense-Versailles, 13-15 Octobre 2005*. Paris: Verre et histoire.
- Whitehouse, D. 1999. Glass in the Epigrams of Martial. *JGS* 41, 73—81.
- Whitehouse, D. 2004. Glass in the Price Edict of Diokletian. *JGS* 46, 189—191.

**Таблица 1.** Содержание маркеров вторичного использования в стекле могильника Фронтное 3 по группам, выделенных по основному составу (в ppm)<sup>4</sup>

№ п/п	Группа стекла	Кол-во образцов	Sb	Mn	Co	Cu	Sn	Pb	Co+Cu+Sn+Pb
1	Группа 1 (римское зелено-голубое)	10	< ПО-6; 16*	143*; 436—5105	1—15	3—42	<ПО-2	4—23	9—68
2	Группа 2 (римское бесцветное)	8	<ПО-8; 30*; 267*	осн.	2—16	5—47; 81*	0,5—3; 9*	4—10; 128*	19—60; 102*; 194*
3	Группа 3 (Фоу-4, Sb), «чистые»	17	осн.	78—130	0,8—1	5—11	<ПО-1	14—31	17—43
4	Группа 3 (Фоу-4, Sb), с признаками вторичного использования	4	осн.	294—577	1—2	8—18	0,6—5	25—67	35—88
5	Группа 4 («смешанное» Mn-Sb)	36	1382—4328	2085—5131	3—11	12—86	1—23	21—274	39—543
6	Группа 5 (левантийская I — Джаламе)	9	<1,5; 27*; 44*	осн.	3—18	5—48	<1	5—9	17—39; 71*; 75*
7	Группа 6 (Фоу-3.2), «чистые»	4	3—5	осн.	4—5	4—16	0,4—10; 86*	4—8	12—31
8	Группа 6 (Фоу-3.2), с признаками вторичного использования	12	50—970	осн.	4—15	11—99; 230*; 1073*	0,3—2	10—150; 1252*	24—326; 2417*
9	Группа 7 (Фоу-3.2/2.1), «чистые»	3	1—6	осн.	4—5	6—27	0,6—2	4—7	15—40
10	Группа 7 (Фоу-3.2/2.1), с признаками вторичного использования	20	229—755; 1382	осн.	5—22	42—235	3—27	30—412; 6908*	82—680; 9026*
11	Группа 8 (НИМТ)	6	0,6—8; 69*; 832*	осн.	6—18	37—83*; 124	1—6	10—54	60—197
12	Группа 9, относительно «чистые»	9	0,5—9; 17	осн.	2—5; 21*	18—58	0,7—1,3	4—7	18—88
13	Группа 9, с признаками вторичного использования	4	270—1037	осн.	4—6	35—123	0,7—8	12—92	36—228

<sup>4</sup> <ПО — ниже предела обнаружения, \* — содержание в одном из образцов, ppm — parts per million (1 ppm = 0,0001 масс. %).

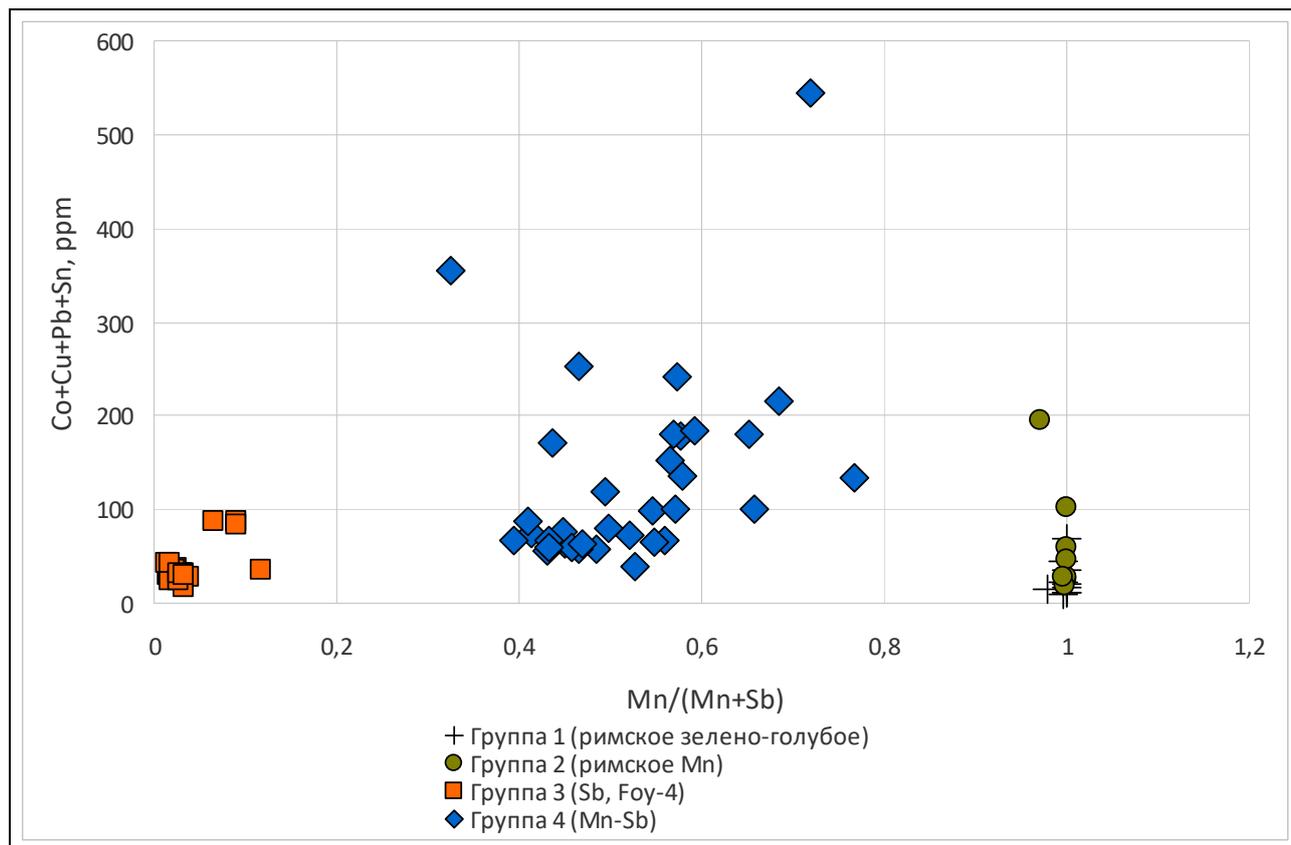
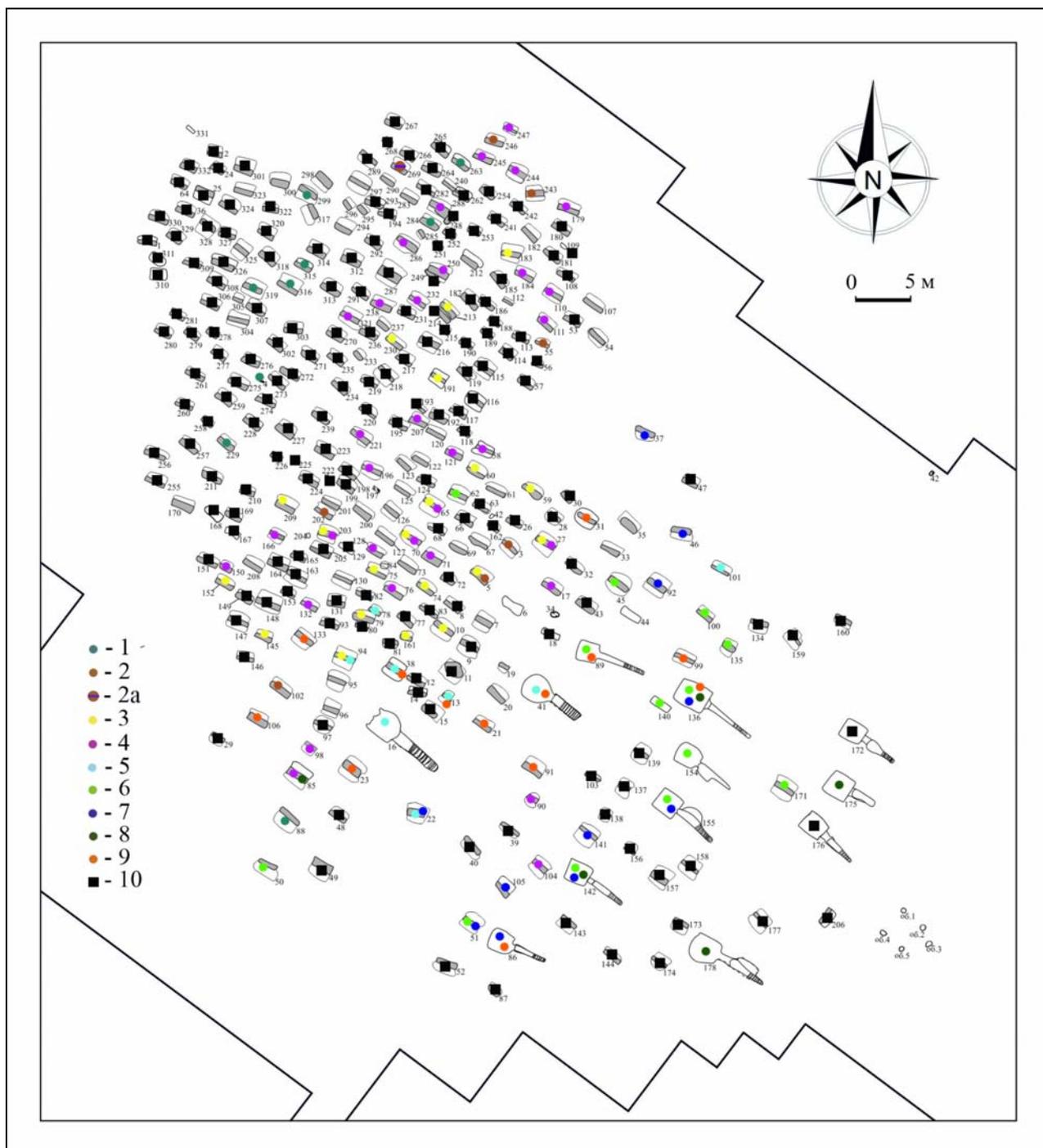


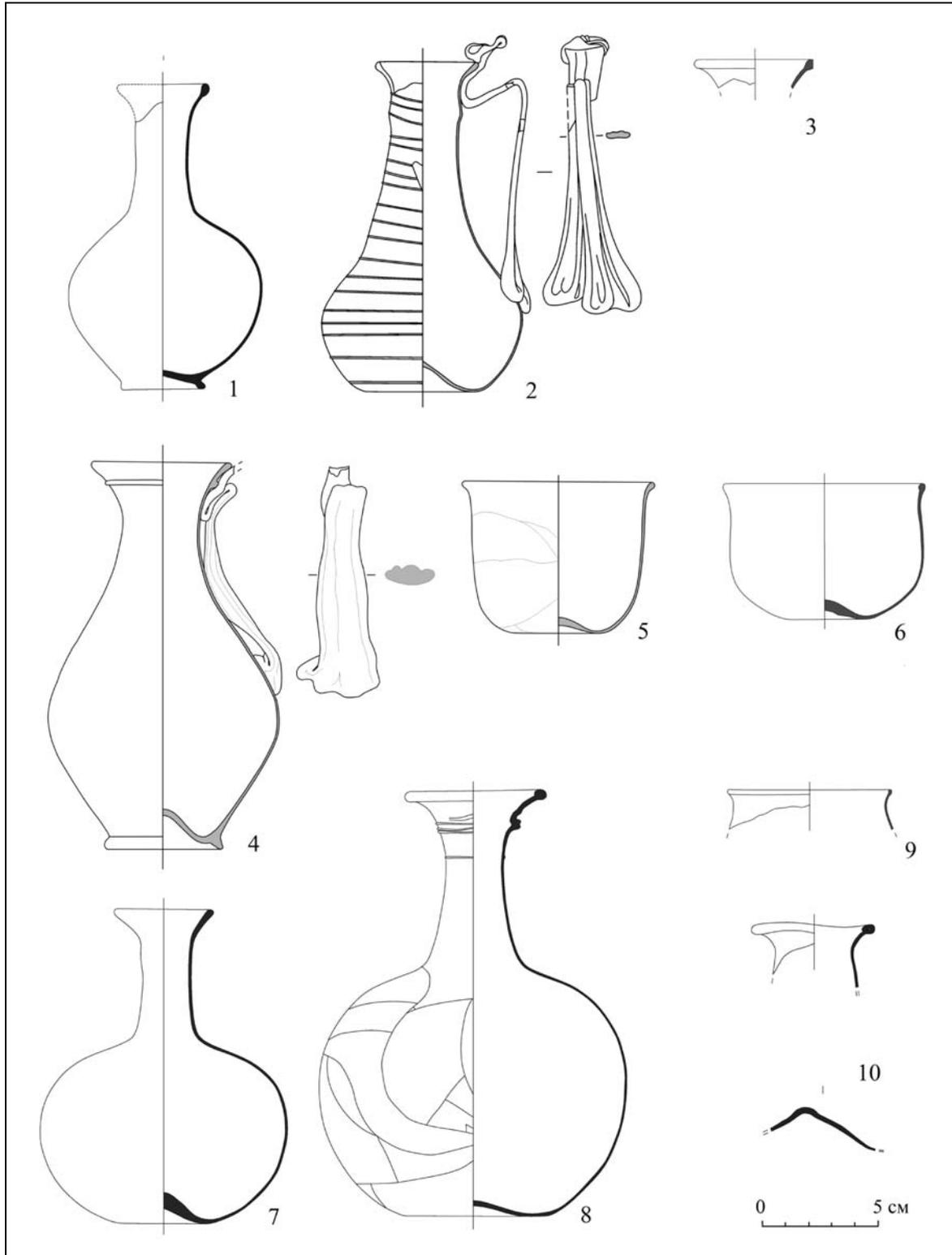
Рис. 1. Содержание маркеров вторичного использования в стекле сосудов ранней части могильника (группы 1—4).

Fig. 1. The content of recycling markers in the glass of vessels from the early part of the burial ground (groups 1—4).



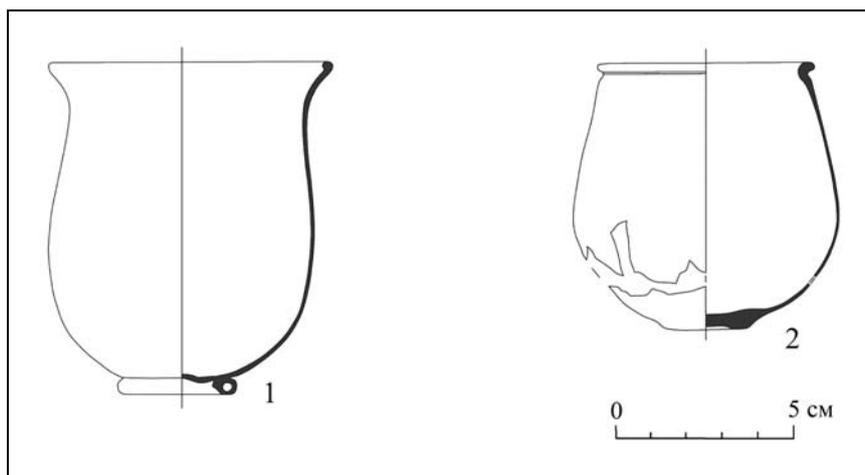
**Рис. 2.** Распределение стекла различных групп на плане могильника Фронтвое 3 (по Румянцеву 2022б: рис. 1, с дополнениями): 1 — группа 1 («римское» зелено-голубое); 2 — группа 2 («римское» бесцветное); 2а — группа 2, фиолетовое прозрачное; 3 — группа 3 (обесцвеченное сурьмой); 4 — группа 4 («смешанное» Mn+Sb); 5 — группа 5 (Джаламе/левантийская I группа, бесцветное); 6 — группа 6 (серия Foy-3.2); 7 — группа 7 (серия Foy-3.2/2.1); 8 — группа 8 (HIMT); 9 — группа 9 (результат вторичного использования — ?); 10 — погребения без стеклянных сосудов.

**Fig. 2.** Distribution of glass of various groups on the plan of the Frontovoye 3 burial ground (after Rumyantseva 2022b: Fig. 1, with additions): 1 — group 1 (Roman blue-green); 2 — group 2 (Roman colourless); 2a — group 2, purple translucent; 3 — group 3 (decolorized with antimony); 4 — group 4 (“mixed” Mn+Sb); 5 — group 5 (Jalame/Levantine I group, colorless); 6 — group 6 (Foy-3.2 series); 7 — group 7 (Foy-3.2/2.1 series); 8 — group 8 (HIMT); 9 — group 9 (result of recycling — ?); 10 — burials without glass vessels.



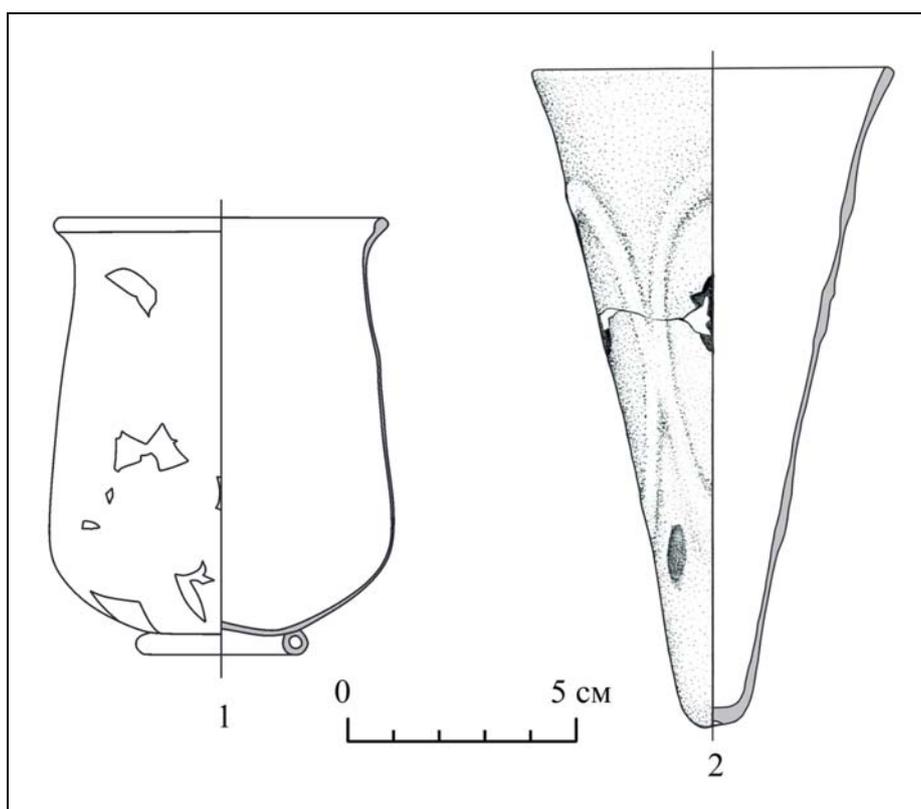
**Рис. 3. Могильник Фронтвое 3. Сосуды с «идентичным» химическим составом. Производство мастерских Херсонеса (?) (по Румянцева 2022а: рис. 1): 1 — погребение 140; 2, 3 — погребение 136; 4 — погребение 46; 5, 6 — погребение 250; 7, 8 — погребение 41; 9, 10 — погребение 155. Рисунок А.В. Тяпухиной.**

**Fig. 3. Frontovoye 3 burial ground. Vessels with “identical” chemical composition. Production of workshops of Chersonese (?) (after Rumyantseva 2022a: Fig. 1): 1 — burial 140; 2, 3 — burial 136; 4 — burial 46; 5, 6 — burial 250; 7, 8 — burial 41; 9, 10 — burial 155. Drawing by A.V. Tyapukhina.**



**Рис. 4. Могильник Фронтное 3. Стаканы — предполагаемая продукция мастерских Херсонеса (по Румянцеву 2022а: рис. 2). 1 — тип 1; 2 — тип II.2 (по Храпунов 2002). 1 — погребение 51; 2 — погребение 13. Рисунок А.В. Тяпухиной.**

**Fig. 4. Frontovoe 3 burial ground. Glasses — the alleged products of the workshops of Chersonesos (after Rumyantseva 2022a: Fig. 2). 1 — type 1; 2 — type II.2 (after Khrapunov 2002). 1 — burial 51; 2 — burial 13. Drawing by A.V. Tyapukhina.**



**Рис. 5. Могильник Фронтное 3. Сосуды из стекла с высоким содержанием маркеров вторичного использования стекла (группы 6, 7): 1 — погребение 50, № 339; 2 — погребение 51, № 390. Рисунок А.В. Тяпухиной.**

**Fig. 5. Frontovoe 3 burial ground. Glass vessels with a high content of glass recycling markers (groups 6, 7): 1 — burial 50, no. 339; 2 — burial 51, no. 390. Drawing by A.V. Tyapukhina.**