

**Ф.Н. Петров^{1, 2✉}, П.В. Хворов³, М.Н. Анкушев³,
П.С. Анкушева^{3, 4}**

¹Челябинский государственный университет
Челябинск, Россия

²Челябинский государственный историко-археологический
музей-заповедник «Аркаим»
Челябинск, Россия

³Южно-Уральский федеральный научный центр
минералогии и геоэкологии УрО РАН
Миасс, Россия

⁴Южно-Уральский государственный гуманитарно-
педагогический университет
Челябинск, Россия
E-mail: petrov_fedor@mail.ru

Минеральный и химический состав керамики бронзового века поселения Левобережное (Синташта II)

Выполнен рентгенофазовый и химический анализ 17 образцов керамики синташтинской, петровской и межовской культур, происходящих из датированных AMS-радиоуглеродным анализом культурных комплексов в составе поселения Левобережное (Синташта II), расположенного в бассейне р. Тобол. Полученные результаты сопоставлены с материалами технико-технологического анализа того же керамического комплекса. Установлено, что керамика синташтинской и петровской культур по минеральному составу близка, но по многим взаимосвязанным показателям существенно отличается от более поздней керамики межовской культуры, найденной на том же поселении. Синташтинская и петровская керамика выделяются большим содержанием талька и хлорита, которые в межовской керамике присутствуют незначительно, а чаще отсутствуют. В то же время межовскую керамику характеризует значительно более высокое содержание слюды и кварца, а также сохранность глинистых минералов иллита и смектита. Предполагается, что установленные различия связаны с отличиями в составе формовочных масс разных культурно-технологических традиций, а также с различиями в температуре обжига. Можно сделать вывод, что в керамике синташтинской культуры разрушились минералы группы серпентина, структура которых изменяется при температуре ок. 600 °С, а в керамике межовской культуры сохранились иллит и смектит, температура разрушения кристаллической решетки которых составляет ок. 600 °С. Таким образом, вероятно, что для синташтинской керамики температура обжига была выше 600 °С, для межовской – ниже 600 °С. Использование количественных критериев позволяет идентифицировать с помощью рентгенофазового анализа даже мелкий, невыразительный и немногочисленный керамический материал, который зачастую имеет большое значение для интерпретации археологических памятников.

Ключевые слова: Южное Зауралье, поздний бронзовый век, технология изготовления керамики, рентгенофазовый анализ, синташтинская культура, межовская культура.

**F.N. Petrov^{1, 2✉}, P.V. Khvorov³, M.N. Ankushev³,
P.S. Ankusheva^{3, 4}**

¹Chelyabinsk State University
Chelyabinsk, Russia

²Chelyabinsk State Historical and Archaeological Museum-Reserve “Arkaim”
Chelyabinsk, Russia

³South Ural Federal Research Center for Mineralogy and Geoecology, UB RAS
Miass, Russia

⁴South Ural State University of Humanities and Pedagogy
Chelyabinsk, Russia
E-mail: petrov_fedor@mail.ru

Mineral and Chemical Composition of Bronze Age Pottery from the Levoberezhnoe Settlement (Sintashta II)

Seventeen pottery samples of the Sintashta, Petrovka, and Mezhovka cultures at the Levoberezhnoe settlement (Sintashta II) in the basin of the Tobol River, discovered in the cultural complexes which were dated by AMS-radiocarbon analysis, were studied using X-ray diffraction and bulk chemical analysis. The research results were compared with technical and technological analysis of the same pottery complex. It has been established that pottery of the Sintashta and Petrovka cultures had similar mineral composition with the later pottery of the Mezhovka culture from the same settlement, although they significantly differed in many interrelated indicators. The Sintashta and Petrovka pottery revealed high content of talc and chlorite which occurred in very small mass fractions and more often were completely absent from the Mezhovka pottery which, in turn, was distinguished by significantly higher content of mica and quartz, and presence of illite and smectite. These diverging features are primarily associated with differences in the composition of fabrics in different cultural and technological traditions, and different firing temperatures. In the pottery of the Sintashta culture, minerals of the serpentine group disintegrated, which happens at a temperature of about 600°C, while in the pottery of the Mezhovka culture, illite and smectite have been preserved. The temperature of destruction of the crystalline grid in these minerals is about 600°C. Thus, it is likely that firing temperature was above 600°C for the Sintashta pottery and below 600°C for the Mezhovka pottery. The use of quantitative criteria makes it possible to identify even small-sized, indistinctive, and scarce pottery evidence with the help of X-ray diffraction, which is of great importance for interpreting archaeological sites.

Keywords: Southern Transurals, Late Bronze Age, pottery technology, X-ray diffraction, Sintashta culture, Mezhovka culture.

В последние годы традиционные методы типологического и технико-технологического анализа древней керамики все чаще дополняются результатами естественно-научных исследований, направленных на изучение исходного сырья керамических сосудов, их минерального состава, оценку температурного режима обжига и других показателей, позволяющих реконструировать технологию гончарного производства [Дребушак, Мильникова, Дребушак, 2010; Дубовцева, Киселева, Пантелеева, 2016; Медведев, Филатова, 2017; и др.].

В качестве одного из таких методов для изучения лепной керамики бронзового века Южного Зауралья используется рентгенофазовый анализ, который позволяет идентифицировать в керамике целый ряд специфических минеральных фаз – как первичных (минералов, присутствующих в исходном глиняном сырье), так и новообразованных при обжиге, и вторичных, образовавшихся в процессе тафономизации керамики [Анкушева, Климова, Хворов, 2020; Писарева и др., 2019].

Мы применили данный метод для изучения керамики разных культурных традиций из коллекции поселения Левобережное (Синташта II). Оно расположено в Брединском р-не Челябинской обл., на левом берегу р. Синташта, левого притока р. Tobol, и изучалось в 2015–2019 гг. В геологическом плане в районе поселения развиты раннекаменноугольные кайрактинские субвулканические образования, преимущественно, габбро-долериты. К западу от поселения обнажаются гнейсы и амфиболиты раннепротерозойской толщи. Также в геологическом разрезе присутствуют серпентиниты и пироксениты раннедевонского Каменнодольского комплекса, представленные одноименным массивом и мелкими телами. На востоке и юго-востоке от поселения развиты раннерифейские гнейсы и сланцы кусаканской толщи, раннедевонские вулканы жетыкольской толщи, сланцы и песчаники кундыбаевской толщи. Интрузивные образования к северу, востоку и юго-востоку от поселе-

ния представлены позднеордовикским Селинташским массивом гнейсо-плагиогранитов и диорит-плагиогранитовыми массивами раннекаменноугольного Комплексысайского комплекса [Лисов и др., 2018].

На раннем этапе существования сам памятник представлял собой укрепленное поселение из 26 стандартных жилых помещений, выстроенных по двум сторонам центральной улицы; на позднем – неукрепленный поселок из 8 крупных жилищ, вытянутых в один ряд поверх остатков более ранних жилых строений [Носкевич и др., 2021]. В культурном плане ранний этап истории поселения связан с синташтинской и, отчасти, петровской культурами; поздний – с межовской культурой. Радиоуглеродное AMS-датирование органических образцов из культурного слоя поселения позволило датировать синташтинский этап существования поселения в пределах XX–XIX вв. до н.э., а межовский – в пределах XIV–XI вв. до н.э. [Епимахов, Петров, 2021].

Керамика синташтинской культуры (рис. 1, 7–9; 2, 3, 5) в материалах поселения характеризуется широким использованием гребенчатого штампа в геометрических орнаментах и технологии каннелирования – формирования на поверхности сосуда нешироких желобков с отчетливыми краями, использующимися в качестве разделителей конструктивных зон сосуда и для нанесения т.н. «вертикального елочного» орнамента на внешнюю поверхность основного объема туловища сосудов [Петров, 2017, с. 327–328]. Технико-технологический анализ этой керамики показал, что в качестве исходного сырья преимущественно использовалась ожелезненная пластичная глина. Основной рецепт подготовки формовочных масс «глина + дресва + органика», где дресва представлена тальком (талькохлоритом) плотной структуры. По способу формования большинство сосудов были сконструированы на форме-основе и на их внутренней поверхности остались следы ткани, отделявшей форму-основу от формовавшегося сосуда. Полое тело

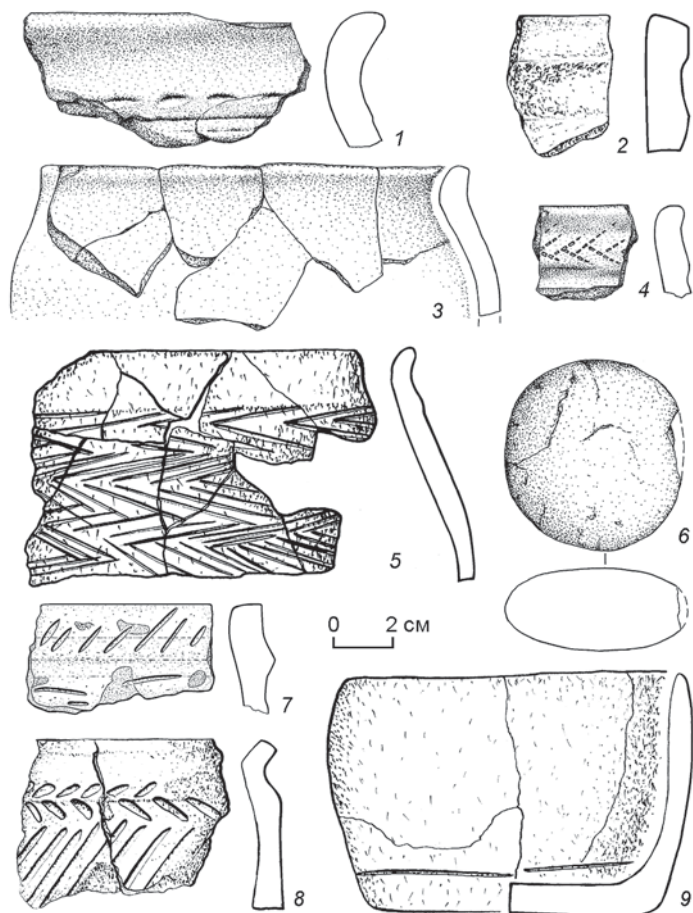


Рис 1. Поселение Левобережное (Синташта II), керамические сосуды и изделия, использованные для рентгеноструктурного анализа.

1, 3–6 – межовская культура; 2 – петровская культура; 7–9 – синташтинская культура. Полевые шифры (соответствуют нумерации в табл. 1–3): 1 – 2374; 2 – 1785; 3 – 2242; 4 – 2580; 5 – 1843; 6 – 2261; 7 – 2513; 8 – 1211; 9 – 1839.

сосудов синташтинской культуры было изготовлено спирально-лоскутным налепом в один или в два слоя. Поверхность синташтинской керамики поселения обработана преимущественно заглаживанием твердым гладким инструментом, с помощью которого также моделировалась верхняя часть сосуда [Гутков, 2020, с.205–206].

Рис 2. Поселение Левобережное (Синташта II), керамические сосуды и изделия, использованные для рентгеноструктурного анализа.

1–2, 6–7 – межовская культура; 3, 5 – синташтинская культура; 4 – петровская культура. Полевые шифры (соответствуют нумерации в табл. 1–3): 1 – 2242; 2 – 1843; 3 – 2513; 4 – 1785; 5 – 1270; 6 – 2261; 7 – 1080.

Керамика межовской культуры (рис. 1, 1, 3–5; 2, 1–2, 7) представлена в коллекции поселения фрагментами и развалами крупных частей сосудов с невысокой, зачастую – довольно сильно отогнутой шейкой. Орнаментация сосудов, как правило, сводится к одиночным или повторяющимся бордюрам, образованным т.н. «горизонтальной елочкой» или рядами наклонных вдавлений; в верхней части сосуда иногда присутствует уплощенный орнаментированный валик [Петров, 2017, с. 330]. По данным технико-технологического анализа, керамика межовской культуры на поселении, как правило, изготавливалась из ожелезненной пластичной глины с преобладающим рецептом формовочных масс «глина + шамот + органика». По способу формообразования почти все сосуды межовской культуры были сконструированы как формы-емкости, полое тело сосудов изготовлено спирально-лоскутным налепом в один слой. Поверхность межовской керамики поселения обработана преимущественно с помощью заглаживания мягкими материалами [Гутков, 2020, с. 212–213].

Кроме сосудов, керамическая коллекция межовской культуры с поселения Левобережное также включает двояковыпуклые диски –



приплюснутые «шары» или «лепешки», четыре целых изделия и фрагменты еще как минимум трех предметов (рис. 1, б; 2, б). Их отличает низкотемпературный обжиг и обилие песка в формовочных массах. Подобные предметы спорного предназначения широко представлены в поселенческих комплексах эпохи финальной бронзы на территории Западной Сибири, Урала, Поволжья и Северного Казахстана [Марченко, 2009].

Для изучения с помощью рентгенофазового и химического анализов из керамической коллекции поселения Левобережное было отобрано 17 образцов, происходящих с раскопов 2017–2019 гг. из культурного слоя жилища 10 и прилегающих к нему участков межжилищного пространства. Семь из них – фрагменты сосудов синташтинской культуры, один – фрагмент сосуда петровской культуры, восемь – фрагменты сосудов межовской культуры и один – фрагмент керамического диска межовской культуры. В составе формовочных масс всех отобранных образцов керамики синташтинской культуры визуально фиксировалось наличие дресвы талька; в формовочной массе образца керамики петровской культуры установлена слюда; в большинстве

образцов керамики межовской культуры фиксировалось наличие кварцевого песка, в отдельных образцах также была обнаружена дресва лимонита, дробленые раковины пресноводных моллюсков и следы выгоревшей при обжиге органики (табл. 1).

Для анализа фрагменты керамики размером 1,5 × 1,5 см были измельчены до состояния ~10 мкм в фарфоровой ступке. Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре SHIMADZU XRD-6000 (ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, аналитик П.В. Хворов), Си-анод, графитовый монохроматор; расчет содержания минералов проведен методом Ритвелда в программе SIROQUANT V4. Количественный химический анализ проводился по стандартным методикам № 172-С, 502-С, 50-Х, 118-Х, 120-Х, 138-Х, 197-Х (ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, аналитик О.Д. Мендецкая).

Результаты рентгенофазового анализа показали значительные различия в минеральном составе керамики синташтинской и межовской культур и, в то же время, близость в составе образцов синташтинской и петровской керамики (табл. 2). Так, во всех образцах синташтинской и петровской керамики был определен тальк

Таблица 1. Характеристика проанализированной керамики

| Культурная принадлежность | Шифр | Предмет | Год раскопа | Участок, глубина, м; полевой № | Объект | Примеси в тесте по данным визуал. осмотра |
|---------------------------|------|---------------------------------------|-------------|--|--|---|
| синташт. | 1122 | Венчик орнаментир. | 2017 | Г8-4; –91; 5.73 | Жилище 10 | тальк |
| синташт. | 1211 | Венчик орнаментир. | 2017 | Д8-3; –36; 5.87 | Межжилищное пространство к западу от жилища 10 | тальк |
| синташт. | 1270 | Сосуд орнаментир. | 2017 | Д8-3, яма 1; –55; 5.76 | Межжилищное пространство к западу от жилища 10 | тальк |
| синташт. | 1441 | Венчик орнаментир. | 2017 | Г8-1; –38; 5.90 | Межжилищное пространство к западу от жилища 10 | тальк |
| синташт. | 1476 | Венчик, не ясно – орнаментир. или нет | 2017 | Д9-1,3; –91 – –100 | Жилище 10 | тальк |
| синташт. | 1839 | Сосуд орнаментир. | 2017 | Ж9-2, яма 3 (колодец); –253; 7.48 | Жилище 10 | слюда |
| синташт. | 2513 | Венчик орнаментир. | 2019 | Б9-2; –21; 10.32 | Жилище 10 | тальк |
| петровская | 1785 | Венчик неорнамент. | 2017 | Д9-1; 110; 8.98 | Жилище 10 | слюда |
| межовская | 1080 | Венчик неорнамент. | 2017 | Д8-2; –90; 5.28 | Жилище 10 | лимонит |
| межовская | 1518 | Венчик неорнамент. | 2017 | Е9-2; –110; 7.27 | Жилище 10 | песок |
| межовская | 1843 | Венчик орнаментир. | 2017 | Д9-2; –133; 8.109 | Жилище 10 | песок, органика |
| межовская | 2242 | Верх. часть неорнамент. сосуда | 2018 | В10-2, ямка от столба 150; –97; 9.221 | Жилище 10 | песок |
| межовская | 2261 | Керамический диск | 2018 | В10-2, ямка от столба 155; –100; 9.202 | Жилище 10 | песок |
| межовская | 2269 | Придонная неорнам. | 2018 | В10-2; –71 – –80 | Жилище 10 | песок |
| межовская | 2374 | Стенка орнаментир. | 2019 | Б10-2; +6; 10.76 | Жилище 10 | раковина, песок, органика |
| межовская | 2580 | Венчик орнаментир. | 2019 | В11-1; –31; 10.178 | Жилище 10 | песок |
| межовская | 2883 | Венчик неорнамент. | 2019 | Б10-4; –77; 10.88 | Жилище 10 | песок |

в количестве от 2 до 60 %, в большинстве случаев – не менее 19 %. Во фрагментах с невысоким содержанием талька фиксировалось повышенное содержание слюды (до 34 %). В составе керамики межовской культуры тальк присутствует только в половине образцов, где его содержание значительно ниже, чем в керамике синташтинской культуры – от 1 до 11 %, в основном не более 4 %. При этом слюда встречается в межовской керамике значительно чаще, чем в синташтинской – она отсутствует только в одном межовском образце.

Кварцевый песок визуально фиксируется в керамике межовской культуры значительно чаще и в большем количестве, чем в керамике синташтинской и петровской культур. Результаты рентгенофазового анализа это подтверждают: кварц встречен во всех исследованных образцах, но при этом в синташтинской и петровской керамике его массовая доля составляет от 7 до 33 %, а в межовской керамике – от 16 до 65 %.

Более чем в половине образцов был отмечен хлорит в количестве от 1 до 7 %. В основном это образцы

керамики синташтинской и петровской культур; в керамике межовской культуры хлорит был зафиксирован только дважды и его содержание не превышало 1 %. Напротив, глинистые минералы иллит и смектит зафиксированы в основном в межовской керамике (с содержанием от 4 до 17 %), и были выявлены только в одном синташтинском образце.

Расчет средних арифметических значений массовой доли тех или иных минералов в составе изученных образцов керамики, объединенных по культурной принадлежности, позволяет более наглядно представить отмеченные различия (табл. 3).

Химический состав керамики разных культур также различается (табл. 4). Синташтинская и петровская керамика отличаются от межовской повышенным содержанием MgO, связанным с большим количеством талька, и пониженным – SiO₂, обязанным меньшему количеству кварцевого песка.

Минералого-геохимические особенности выделенных керамических комплексов наглядно отража-

Таблица 2. Результаты рентгенофазового анализа образцов керамики (прибл. мас. %)

| Культурная принадлежность | Шифр | кварц | плагио-клиз | КПШ | кальцит | тальк | амфи-бол | цеолит | гематит | хлорит | слюда | иллит-смектит | пиро-ксен | Рентгено-аморфная фаза |
|---------------------------|------|-------|-------------|-----|---------|-------|----------|--------|---------|--------|-------|---------------|-----------|------------------------|
| синташт. | 1122 | 21 | 18 | 6 | – | 19 | – | – | – | 1 | – | – | 14 | 21 |
| синташт. | 1211 | 19 | – | – | 8 | 29 | – | – | – | 2 | – | – | – | 42 |
| синташт. | 1270 | 23 | 8 | 3 | 15 | 3 | – | – | – | 1 | 33 | 6 | – | 8 |
| синташт. | 1441 | 33 | 5 | 3 | – | 2 | – | – | – | 2 | 34 | – | – | 21 |
| синташт. | 1476 | 5 | 3 | – | – | 30 | – | – | – | 7 | 12 | – | 3 | 39 |
| синташт. | 1839 | 26 | 7 | 4 | – | 30 | – | – | – | 3 | 7 | – | – | 23 |
| синташт. | 2513 | 7 | 4 | 6 | – | 60 | – | – | – | – | – | – | – | 23 |
| петровская | 1785 | 29 | 14 | 2 | – | 19 | 2 | – | – | 3 | 9 | – | – | 22 |
| межовская | 1080 | 23 | 9 | 4 | – | – | – | – | – | 1 | 35 | 17 | – | 12 |
| межовская | 1518 | 65 | 6 | 3 | – | 4 | – | – | – | – | 5 | 8 | – | 10 |
| межовская | 1843 | 40 | 12 | – | – | – | – | 2 | – | – | 13 | 11 | – | 22 |
| межовская | 2242 | 48 | 12 | 6 | 2 | 1 | – | – | – | 1 | 13 | – | – | 17 |
| межовская | 2261 | 57 | 14 | 5 | – | – | 1 | – | – | – | 6 | 4 | – | 13 |
| межовская | 2269 | 41 | 4 | 5 | – | – | 2 | – | – | – | 12 | 9 | – | 27 |
| межовская | 2374 | 16 | 4 | 2 | 47 | 3 | – | – | – | – | 19 | 4 | – | 5 |
| межовская | 2580 | 38 | 12 | 11 | – | 11 | – | – | 4 | – | – | – | – | 23 |
| межовская | 2833 | 49 | 14 | 11 | 5 | 3 | 1 | – | – | – | 12 | – | – | 5 |

Примечание: прочерк – ниже предела обнаружения

Таблица 3. Обобщение данных рентгенофазового анализа керамики по культурам (прибл. мас. %)

| Культурная принадлежность | Количество | кварц | плагио-клиз | КПШ | тальк | амфибол | слюда | иллит-смектит | Рентгено-аморфная фаза |
|---------------------------|------------|-------|-------------|-----|-------|---------|-------|---------------|------------------------|
| синташт. и петровская | 8 | 20,3 | 7,4 | 3,0 | 24 | 2,25 | 11,9 | 0,75 | 24,9 |
| межовская | 9 | 41,8 | 9,6 | 5,2 | 2,4 | 0,2 | 12,7 | 5,8 | 14,9 |

Примечание: содержания кальцита, амфибола, цеолита, гематита, пироксена не усреднялись ввиду недостаточного количества данных

Таблица 4. Химический состав образцов керамики

| Культурная принадлежность | Шифр | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | P ₂ O ₅ | FeO | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | H ₂ O- | п.п.п. | Сумма |
|---------------------------|------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------|------|-------|-------|-------------------|------------------|-------------------|--------|--------|
| Синташт. | 1122 | 56,04 | 0,63 | 8,61 | 5,71 | 0,52 | 2,44 | 0,05 | 10,32 | 5,85 | 1,16 | 3,73 | 1,20 | 3,48 | 99,74 |
| Синташт. | 1211 | 52,32 | 1,12 | 14,23 | 5,07 | 0,25 | 1,23 | 0,04 | 9,04 | 5,59 | 1,54 | 3,76 | 0,84 | 4,08 | 100,11 |
| Синташт. | 1270 | 49,78 | 0,54 | 10,86 | 3,75 | 0,30 | 1,24 | 0,09 | 2,69 | 10,60 | 1,19 | 2,07 | 1,46 | 15,44 | 100,01 |
| Синташт. | 1441 | 61,00 | 0,60 | 10,61 | 7,15 | 0,61 | 0,60 | 0,12 | 1,71 | 3,45 | 2,10 | 2,82 | 2,20 | 6,82 | 99,79 |
| Синташт. | 1476 | 55,14 | 0,33 | 6,51 | 3,93 | 0,58 | 2,73 | 0,02 | 21,11 | 0,24 | 1,16 | 1,20 | 0,92 | 6,00 | 99,87 |
| Синташт. | 1839 | 60,38 | 0,68 | 10,50 | 3,47 | 0,47 | 1,10 | 0,08 | 6,75 | 2,55 | 1,81 | 1,20 | 2,18 | 8,84 | 99,96 |
| Синташт. | 2513 | 57,96 | 0,43 | 10,91 | 2,71 | 0,30 | 1,70 | 0,02 | 15,10 | 0,26 | 1,37 | 1,20 | 0,74 | 6,94 | 99,64 |
| Петровская | 1785 | 58,54 | 0,80 | 12,56 | 4,85 | 0,96 | 1,05 | 0,12 | 5,29 | 1,95 | 2,05 | 1,59 | 2,72 | 7,26 | 99,74 |
| Среднее | | 56,40 | 0,64 | 10,60 | 4,58 | 0,50 | 1,51 | 0,07 | 9,00 | 3,81 | 1,55 | 2,20 | 1,53 | 7,36 | |
| Медиана | | 57,00 | 0,62 | 10,74 | 4,39 | 0,50 | 1,24 | 0,07 | 7,90 | 3,00 | 1,46 | 1,83 | 1,33 | 6,88 | |
| Межовская | 1080 | 53,86 | 0,75 | 15,85 | 7,24 | 0,49 | 1,20 | 0,04 | 1,46 | 2,58 | 0,97 | 1,64 | 3,28 | 10,76 | 100,12 |
| Межовская | 1518 | 63,74 | 1,04 | 9,26 | 3,64 | 0,52 | 0,50 | 0,04 | 0,84 | 0,25 | 1,54 | 3,69 | 2,98 | 11,90 | 99,94 |
| Межовская | 1843 | 67,34 | 0,44 | 16,25 | 1,60 | 0,25 | 0,68 | 0,01 | 0,63 | 0,06 | 1,11 | 3,71 | 2,06 | 5,68 | 99,82 |
| Межовская | 2242 | 70,48 | 0,57 | 10,48 | 3,82 | 0,17 | 0,60 | 0,11 | 1,21 | 3,20 | 1,46 | 2,07 | 0,84 | 4,92 | 99,93 |
| Межовская | 2261 | 71,48 | 0,57 | 9,77 | 3,25 | 0,25 | 0,81 | 0,25 | 1,21 | 5,83 | 1,86 | 2,22 | 0,34 | 2,04 | 99,88 |
| Межовская | 2269 | 62,06 | 1,12 | 14,66 | 4,15 | 0,63 | 1,38 | 0,03 | 0,98 | 2,56 | 1,40 | 1,40 | 2,32 | 7,32 | 100,01 |
| Межовская | 2374 | 45,30 | 0,35 | 10,37 | 2,71 | 0,39 | 0,59 | 0,09 | 1,26 | 10,90 | 1,51 | 1,52 | 1,52 | 23,14 | 99,65 |
| Межовская | 2580 | 63,62 | 0,86 | 13,74 | 5,96 | 0,28 | 1,69 | 0,12 | 5,30 | 2,97 | 1,19 | 1,61 | 0,28 | 2,32 | 99,94 |
| Межовская | 2883 | 64,92 | 0,63 | 9,73 | 3,64 | 0,18 | 0,97 | 0,11 | 1,26 | 5,31 | 2,16 | 2,07 | 1,00 | 7,80 | 99,78 |
| Среднее | | 62,53 | 0,70 | 12,23 | 4,00 | 0,35 | 0,94 | 0,09 | 1,57 | 3,74 | 1,47 | 2,21 | 1,62 | 8,43 | |
| Медиана | | 63,74 | 0,63 | 10,48 | 3,64 | 0,28 | 0,81 | 0,09 | 1,21 | 2,97 | 1,46 | 2,07 | 1,52 | 7,32 | |

ются при статистической обработке результатов рентгенофазового и химического анализа методом главных компонент (рис. 3). Поля значений синташтинско-петровского и межовского комплексов явно разделяются. При этом выделяются 3 основных комплексных вектора, которые можно условно обозначить как «ультрабазитовый» (MgO, FeO; тальк, хлорит, рентгеноаморфная фаза), «слюдистый» (Al₂O₃, CaO, H₂O-, п.п.п.; слюда, иллит-сметит) и «песчаный» (SiO₂, Na₂O; MnO; кварц, плагиоклаз, полевой шпат).

Синташтинско-петровский комплекс тяготеет к «ультрабазитовой» части диаграммы, компоненты которой характерны для ультраосновных пород. Повышенное количество рентгеноаморфной фазы, вероятно, можно объяснить большим содержанием в формовочной массе некристаллических продуктов выветривания ультрабазитов (опала), разложением минералов группы серпентина и пленчатых гидроксидов железа (переход в тонкодисперсный гематит) при обжиге керамики. Используемые температуры обжига не привели к раскристаллизации опала, а тонкодисперсный гематит из-за малых размеров и низких содержаний не зафиксирован рентгенофазовым методом. Отметим, что два сосуда синташтинской культуры с большой примесью слюды накладываются на поле состава межовской керамики.

Межовский комплекс по составу примесей ближе к гранитоидам, при этом он разделяется на два комплексных вектора. «Слюдистый» вектор включает в себя характерные компоненты слюд и глин, сюда же

можно отнести связанную воду (H₂O-) и потери при прокаливании (п.п.п.), в которые входят CO₂, летучие компоненты, а также органика. «Песчаный» вектор включает в себя компоненты кварц-полевошпатовых песков, в это поле попадают фрагменты сильно запесоченной керамики. Наличие MnO в числе компонентов пока дискуссионное, можно предположить его привнесённость при добавках ила вместе с песком из водоемов или обогащённость марганцем использованной глины.

Различия между синташтинско-петровским и межовским комплексами наблюдаются и при приблизительной оценке температур обжига. В синташтинской и петровской керамике при относительно высоком количестве талька не фиксируются минералы группы серпентина, разрушение структуры которых происходит при температуре ок. 600 °С [Иванова и др., 1974]. Напротив, в межовской керамике сохранились иллит и смектит, температура разрушения кристаллической решетки и частичной аморфизации которых составляет ок. 600 °С. Таким образом, можно предположить, что для синташтинской и петровской керамики температура обжига была выше 600 °С, для межовской – ниже 600 °С.

Основная причина зафиксированных систематических различий между минеральным составом керамики синташтинской и петровской культур с керамикой межовской культуры – это разница в рецептах формовочных масс, г.о. минеральных добавок. Керамике синташтинской и петровской культуры более свойственна примесь талька, керамике межовской культу-

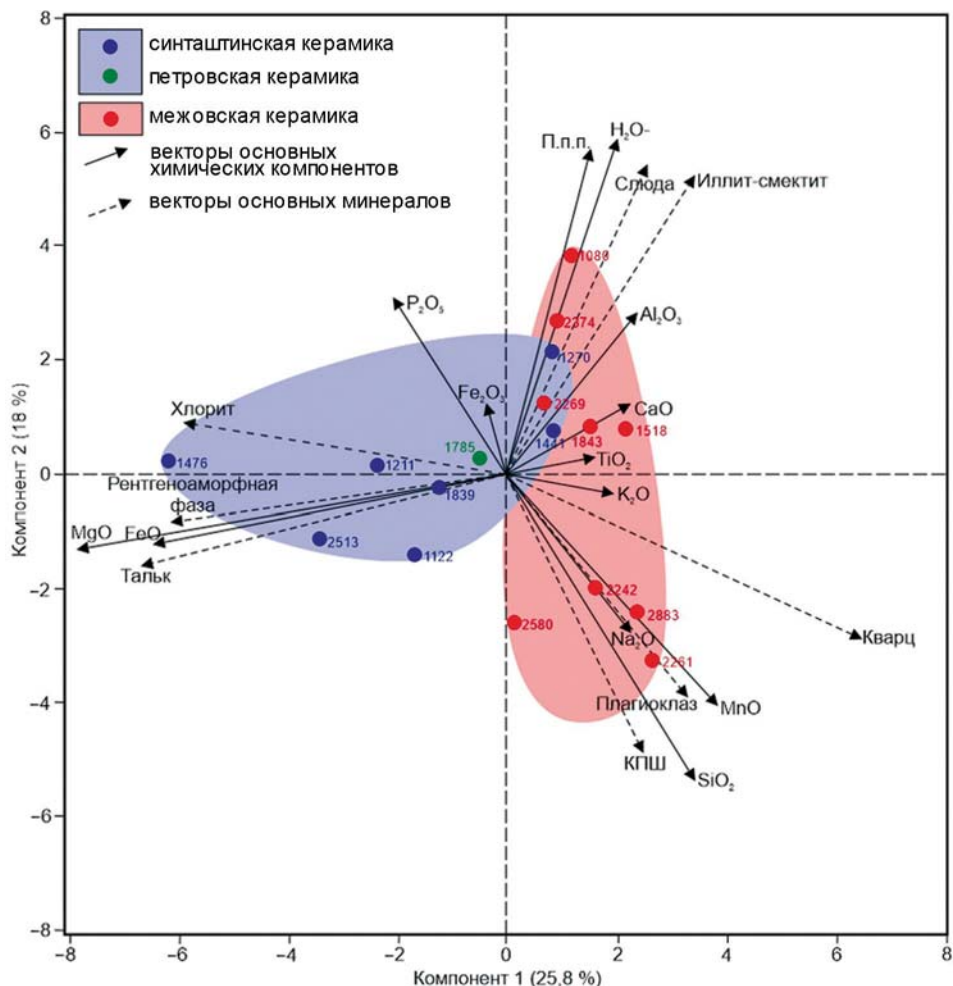


Рис 3. Диаграмма на основе метода главных компонент с точками состава керамики поселения Левобережное. Цифрами при точках обозначен шифр образца.

ры – песка и слюд. Геологическое строение района поселения Левобережное весьма разнообразно, примеси скорее всего имеют местное происхождение. Источником талька и хлорита могли выступить серпентинизированные гипербазиты Каменнодольского комплекса, где отмечены эти минералы [Лисов и др., 2018]. Кварц-полевошпатовые пески и слюды могут происходить из аллювиальных отложений, образующихся при разрушении массивов гранитоидов к востоку от поселения.

Сравнение результатов анализа формовочных масс при помощи технико-технологического анализа и рентгенофазового анализа показывает, что они не противоречат, а дополняют и согласуются между собой. При помощи технико-технологического анализа поддается наблюдению большее количество качественных признаков, однако рентгенофазовый анализ способствует фиксации небольших концентраций примесей, которые не всегда доступны определению визуально, и позволяет с довольно высокой точностью определять их массовые доли, т.е. получать количественные данные, которые могут быть сопоставлены на больших выборках с помощью статистических процедур.

При этом метод рентгенофазового анализа имеет большое значение не только в рамках изучения технологий керамического производства. Также он позволяет уверенно вычленять культурно-технологические комплексы в составе коллекции даже по сильно фрагментированному, немногочисленному или нестратифицированному керамическому материалу, что расширяет возможности по уточнению культурно-хронологической позиции как отдельных объектов и сооружений, так и памятников в целом.

Благодарности

Аналитические работы выполнены в рамках бюджетной темы ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН № 122062100023-5.

Авторы благодарят Е.В. Белогуб и Д.А. Артемьева за помощь в интерпретации результата анализов.

Список литературы

Анкушева П.С., Климова А.Д., Хворов П.В. Керамический комплекс рудника Новотемирский: технология и ми-

нералогия // Геоархеология и археологическая минералогия. – 2020. – Вып. 7. – С. 116–121.

Гутков А.И. Технология керамики поселения Левобережное (Синташта II) по материалам полевого сезона 2017 года // Степная Евразия: бронзовый мир. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2020. – С. 199–221.

Дребущак В.А., Мыльникова Л.Н., Дребущак Т.Н. Физико-химическое исследование керамики с поселения переходного времени от бронзовому к железному веку Линёво-1: возможности методов и интерпретация результатов // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2010. – № 4. – С. 60–75.

Дубовцева Е.Н., Киселева Д.В., Пантелеева С.Е. Технологическое исследование керамики синташтинского типа из поселения Каменный Амбар // Уральск. истор. вестн. – 2016. – № 4 (53). – С. 99–110.

Епимахов А.В., Петров Ф.Н. Радиоглеродная хронология культурных традиций бронзового века Зауралья: по материалам поселения Левобережное (Синташта II) // РА. – 2021. – № 3. – С. 67–79.

Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розина Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. – Л.: Недра, 1974. – 400 с.

Лисов А.С., Чен-Лен-Сон Б.И., Алексеева Г.А., Оленитца Т.В., Кваснюк Л.Н., Мануйлов Н.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-41-XXXI (Бреды) с клапаном N-41-XXXII. Объяснительная записка. – М.: ВСЕГЕИ, 2018. – 131 с.

Марченко Ж.В. Глиняные шары // Чича – городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи. – Т. 3. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2009. – С. 231–244.

Медведев В.Е., Филатова И.В. Минеральный состав керамики мальшевской неолитической культуры (Нижнее Приамурье) // Теория и практика археологических исследований. – 2017. – № 3 (19). – С. 150–163.

Носкевич В.В., Федорова Н.В., Петров Ф.Н., Батанина Н.С. Реконструкция плана поселения эпохи бронзы Левобережное (Южный Урал, Россия) // Поволжская археология. – 2021. – № 3. – С. 142–154.

Петров Ф.Н. Керамический комплекс многослойного поселения Левобережное (Синташта II) по материалам исследований 2015–2017 гг. // Тр. V (XXI) Всерос. археол. съезда в Барнауле–Белокурихе. – Т. 1. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2017. – С. 326–331.

Пискарева М.П., Рянская А.Д., Гуляева Т.Я., Киселева Д.В., Пантелеева С.Е. Рентгенофазовый анализ на основе полнопрофильного метода Ритвельда при исследовании минерального состава фрагментов археологической керамики // Геоархеология и археологическая минералогия. – 2019. – Вып. 6. – С. 91–95.

i mineralogiya. In *Geoarkheologiya i arkheologicheskaya mineralogiya*, 2020. N 7. P. 116–121. (In Russ.).

Gutkov A.I. Tekhnologiya keramiki poseleniya Levoberezhnoe (Sintashta II) po materialam polevogo sezona 2017 goda. In *Stepnaya Evraziya: bronzovyi mir*. Chelyabinsk: Chelyabinsk State Univ. Press, 2020. P. 199–221. (In Russ.).

Drebushchak V.A., Mylnikova L.N., Drebushchak T.N. Physical and chemical properties of ceramics from the chronologically transitional (Late Bronze – Early Iron Age) site of Linyovo-1, Southern Siberia: methodological prospects and interpretation of the results. In *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*. 2010. N 4. P. 60–75. (In Russ.).

Dubovtseva E.N., Kiseleva D.V., Panteleeva S.E. Tekhnologicheskoe issledovanie keramiki sintashtinskogo tipa iz poseleniya Kamennyi Ambar. In *Ural'skii istoricheskii vestnik*, 2016. N 4 (53). P. 99–110. (In Russ.).

Epimakhov A.V., Petrov F.N. Radiouglerodnaya khronologiya kul'turnykh traditsii bronzovogo veka Zaural'ya: po materialam poseleniya Levoberezhnoe (Sintashta II). In *Rossiiskaya arkheologiy*, 2021. N 3. P. 67–79. (In Russ.).

Ivanova V.P., Kasatov B.K., Krasavina T.N., Rozinova E.L. Termicheskij analiz mineralov i gornyh porod. Leningrad: Nedra, 1974. 400 p. (In Russ.).

Lisov A.S., Chen-Len-Song B.I., Alekseeva G.A., Olenitsa T.V., Kvasnyuk L.N., Manuilov N.V. Gosudarstvennaya geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:200 000. Izdanie vtroe. Serija Juzhno-Ural'skaja. List N-41-31 (Bredy) s klapanom N-41-32. Ob'jasnitel'naja zapiska. Moscow: VSEGEI, 2018. 131 p. (In Russ.).

Marchenko Zh.V. Glinyanye shary. In *Chicha – gorodishche perekhodnogo ot bronzy k zhelezu vremeni v Barabinskoi lesostepi*. T. 3. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2009. P. 231–244. (In Russ.).

Medvedev V.E., Filatova I.V. Mineral'nyi sostav keramiki malyshevskoi neoliticheskoi kul'tury (Nizhnee Priamur'e). In *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovanii*, 2017. N 3 (19). P. 150–163. (In Russ.).

Noskevich V.V., Fedorova N.V., Petrov F.N., Batanina N.S. Rekonstruktsiya plana poseleniya epokhi bronzy Levoberezhnoe (Yuzhnyi Ural, Rossiya). In *Povolzhskaya arkheologiya*, 2021. N 3. P. 142–154. (In Russ.).

Petrov F.N. Keramicheskii kompleks mnogoslonoego poseleniya Levoberezhnoe (Sintashta II) po materialam issledovanii 2015-2017 gg. In *Trudy 5th (21st) Vserossiiskogo arkheologicheskogo s'ezda v Barnaule–Belokurikhe*. T. 1. Barnaul: Altai State Univ. Press, 2017. P. 326–331. (In Russ.).

Piskareva M.P., Ryanskaya A.D., Gulyaeva T.Y., Kiseleva D.V., Panteleeva S.E. Rentgenofazovyi analiz na osnove polnoprofil'nogo metoda Ritvel'da pri issledovanii mineral'nogo sostava fragmentov arkheologicheskoi keramiki. In *Geoarkheologiya i arkheologicheskaya mineralogiy*, 2019. N 6. P. 91–95. (In Russ.).

References

Ankusheva P.S., Klimova A.D., Khvorov P.V. Keramicheskii kompleks rudnika Novotemirskii: tekhnologiya

Петров Ф.Н. <https://orcid.org/0000-0001-8212-7424>
Хворов П.В. <https://orcid.org/0009-0003-3732-4527>
Анкушев М.Н. <https://orcid.org/0000-0001-9628-5546>
Анкушева П.С. <https://orcid.org/0000-0002-1826-9919>