

Григорьев С.А., Салугина Н.П. Петровская и алакульская керамика поселения Мочище в Южном Зауралье // Российская археология, 2020, № 2. С. 45–59.

Гутков А.И., Папин В.В., Федорук О.А. Культурные особенности андроновской керамики из могильника Рублево VIII // **Арии** степей Евразии: эпоха бронзы и раннего железа в степях Евразии и на сопредельных территориях: сб. памяти Е.Е. Кузьминой. / отв. ред. В.И. Молодин, А.В. Епимахов. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2014. С. 311–320.

Епимахов А.В. Радиоуглеродные аргументы абашевского происхождения синташтинских традиций бронзового века // Уральский исторический вестник, 2020. № 4(69). С. 51–60.

Зах В.А., Илюшина В.В. Посуда федоровской культуры Нижнего Притоболья (по материалам поселения Черемуховый Куст) // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2010. № 2 (13). С. 42–50.

Илюшина В.В. Керамика федоровской культуры поселения Курья 1 в Нижнем Притоболье // Российская археология, 2014, № 3. С. 26–38.

Илюшина В.В. Керамика федоровской культуры поселения Щетково 2 в Нижнем Притоболье (результаты технико-технологического анализа) // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2015. № 4 (31). С. 38–47.

Леонтьева Д.С., Рахимжанова С.Ж. Андроновская керамика поселения Большой Лог-I на юге Западной Сибири // Вестник КемГУ, 2016, № 2. С. 31–40.

Молодин В.И., Епимахов А.В., Марченко Ж.В. Радиоуглеродная хронология культур эпохи бронзы Урала и юга Западной Сибири: принципы и подходы, достижения и проблемы // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2014. Т. 13. Вып. 3: Археология и этнография. С. 136–167.

Папин Д.В., Степанова Н.Ф., Федорук А.С., Федорук О.А., Ломан В.Г. Керамика андроновской (федоровской) культуры поселения Жарково-3 // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2021, № 2 (53). С. 40–51.

Усманова Э.Р., Панюшкина И.П. Андроновские памятники Лисаковской округи // Археология Казахстана в эпоху независимости: итоги, перспективы: Материалы международной научной конференции, посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан и 20-летию Института археологии им. А.Х. Маргулана КН МОН РК. Алматы, 2011. Т. 1. С. 375–380.

М.Д. Степанова, С.А. Сасим, С.В. Снопков

M.D. Stepanova, S.A. Sasim, S.V. Snopkov

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск,
stepanova.rita01@mail.ru*

Результаты химического анализа состава древней керамики Прибайкалья

Ancient ceramics composition of the Baikal region: results of chemical analysis

В ходе исследования было проведено изучение химического состава фрагментов керамических сосудов, собранных в Тункинской долине Республики Бурятия. Изучение химического состава керамики выполнялось методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Сравнение результатов химического анализа Тункинской неолитической керамики с керамикой того же возраста, собранной во время археологических раскопок на берегу р. Лена (Качугский район), показало расхождение химического состава. В керамике Тункинской долины значительно выше соотношение глинозема и кремнезема, а также содержания Fe, Ti, P, Ba и, особенно, Ca. Кроме того, было обнаружено, что у изучаемой керамики наблюдается различие химического состава внутренней и внешней стенки керамического сосуда.

During the study, the chemical composition of fragments of ceramic vessels collected in the Tunka Valley of the Republic of Buryatia was examined. The chemical composition of ceramics was studied by X-ray fluorescence spectrometry. A comparison of the results of chemical analysis of the Tunka Neolithic ceramics with ceramics of the same age collected during archaeological excavations on the Lena River (Kachugsky district) showed a discrepancy in chemical composition. In the ceramics of the Tunka Valley, the ratio of alumina and silica is significantly higher, as well as the content of Fe, Ti, P, Va and, especially, Ca. In addition, it was found that the studied ceramics have a difference in the chemical composition of the inner and outer walls of the ceramic vessel.

Древняя керамика является важным археологическим источником. Технология и облик глиняной посуды имели необычайную устойчивость, и длительные периоды использовались определенными группами населения. Именно поэтому в археологии по типу керамики определяется культурная и хронологическая принадлежность многих археологических памятников. Процесс изготовления керамики представляет собой сложный технологический процесс, включающий отбор сырья, подготовку глиняной массы, формовку сосуда, его декорирование и обжиг, в результате которого глина вследствие физико-химических процессов кардинально меняет свои свойства. Наиболее распространенными видами глинистых минералов являются каолинит, галлуазит, гидрослюда и монтмориллонит. В состав глиняной массы, используемой для изготовления сосудов, добавлялись искусственные примеси – отошители: песок, толченая посуда (шамот), раковины, камень, а также органические вещества (трава, солома, и пр.) [Бердников и др., 2014].

Целью исследования было изучение химического состава фрагментов керамических сосудов, собранных в Тункинской долине Республики Бурятия. Химический состав керамики определялся методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии, позволяющей проводить неразрушающий анализ артефактов. Для определения состава использовался настольный энергодисперсионный спектрометр СТХ800 (Bruker, Германия). Анализируемыми компонентами являлись: SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , P, Ca, Fe, Ti, Mn, S, Ba. Остальные химические элементы встречаются в составе керамики в малых содержаниях.

По результатам ряда исследований было показано, что расхождения между результатами неразрушающей рентгенофлуоресцентной спектроскопии и силикатного анализа с дроблением образцов для большинства элементов составляет менее 10–30 %. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия позволяет проводить приближенно-количественный экспресс-анализ химического состава артефактов [Пашкова и др., 2021].

Объектом исследования являлись фрагменты керамических сосудов, собранные во впадине выдувания на берегу р. Тунка (Тункинская долина, Республика Бурятия) в 2008–2009 гг. В результате эоловой деятельности произошло разрушение археологического памятника и артефакты оказались на дневной поверхности. Собранные артефакты соотносятся со временем позднего неолита (III тыс. л. до н.э.). Для исследования использовалось 24 артефакта. Размер фрагментов керамических сосудов составлял: толщина – от 3 до 5 мм, длина и ширина – от 1 до 4 см. Образцы измерялись с внешней и внутренней сторон. Внешняя поверхность сосудов определялась по отпечаткам сетки плетеньки и орнаменту сосуда. Визуальный анализ кусочков керамики под биноклем показал, что глиняная масса сильно запесочена. Отошитель представлен песчаными зёрнами близкого размера.

Для анализа результатов были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения по каждой анализируемому параметру, а также коэффициенты взаимной корреляции параметров – R_{xy} .

Химический состав неолитической керамики

Компоненты	Диапазон изменений, %	
	Качуг	Тунка
SiO ₂	60–72	46–68
Al ₂ O ₃	12–16	13–27
K ₂ O	1.9–3.7	1.8–4.1
P ₂ O ₅	0.18–0.68	0.59–1.83
CaO	1.1–2.0	1.58–28.8
Fe ₂ O ₃	3.8–5.5	4–11.9
TiO ₂	0.56–0.92	0.77–2.65
MnO	0.03–0.18	0.03–0.26

Примечание. В таблице представлены абсолютные значения химических соединений.

При анализе данных установлено, что основной состав керамики представлен SiO₂ и Al₂O₃. Эти компоненты находятся в обратной пропорциональности: увеличение глинозема сопровождается уменьшением кремнезема. Fe, Ca и K₂O входят в состав керамики в содержаниях от единиц до первых десятков процентов, а S, P, Ti и Mn – от сотых долей до единиц процентов.

Сравнение результатов химического анализа Тункинской неолитической керамики с керамикой того же возраста, собранной во время археологических раскопок на берегу р. Лена (Качугский район), показало расхождение химического состава. В керамике Тункинской долины значительно выше соотношение глинозема и кремнезема, а также содержания Fe, Ti, P, Ba и, особенно, Ca. В целом, тункинская керамика обладает рядом особенностей химического состава (табл. 1)

Химический состав Тункинской керамики имеет следующие особенности:

1) Высокие значения содержания Fe (до 11 %), и его значимая корреляция с Ti и Mn, и, в меньшей степени, с глиноземом. Это свидетельствует о том, что Fe присутствует в керамике в нескольких минеральных формах. Повышенная концентрация Ti встречается в магнезиально-железистых силикатах, таких как: пироксен, амфибол, биотит. Но по результатам корреляционного анализа, Ti изменяется обратнопропорционально SiO₂ ($R_{xy} = -0.51$) и, соответственно, прямопропорционально Al₂O₃ ($R_{xy} = 0.6$).

Особенностью содержания Fe в Тункинской керамике также является его обратная зависимость от содержания SiO₂ ($R_{xy} = -0.53$). Известно, что для первичного каолинита (продукта разрушения алюмосиликатных пород, оставшихся на месте залегания материнской породы) характерна ассоциация кварца и оксидов железа. В отмученных, подвергшихся перемиыву глинах (вторичные каолиниты) кварца становится меньше. Искусственно добавленные в глиняное тесто зерна кварца уже не коррелируют с окислами железа.

2) Три измерения дали высокие значения Ca (до 25 %) и S (до 1 %). Кальцит нередко встречается как пропитка керамического теста, но в данном случае характер изменения Ca имеет высокую коррелируемость ($R_{xy} = 0.74$) с S. Это может быть обусловлено присутствием в керамике гипса. Целенаправленно ли гипс был добавлен в состав керамики или это случайное событие требует отдельного исследования.

3) Еще одной особенностью тункинской керамики является повышенное содержание Ba, находящегося в слабой положительной корреляции с Fe, Ti, а также SiO₂ и

Разница значений химических компонент внутренней и внешней поверхностей керамики

Компоненты	Изменение содержания	
	Средняя разница значений внутренней и внешней поверхностей, %	Средняя разница значений внутренней и внешней поверхностей, нормированное на значение внешней поверхности, %
SiO ₂	2.63	4.4
K ₂ O	0.13	5.4
Al ₂ O ₃	-0.7	-3.7
Fe	-0.29	-4.6
Ca	-1.05	-19
Ti	-0.07	-8.8
P	-0.09	-25.8

Al₂O₃, (которые между собой – в обратной пропорциональности). Возможно, в керамике присутствуют алюмосиликаты бария.

Неожиданным результатом измерений стало различие химического состава внутренней и внешней стенки керамического сосуда. По сравнению с внешней поверхностью сосуда на внутренней стенке происходит уменьшение Al₂O₃, Fe, Ca, Ti, P, при этом (возможно, как следствие) происходит увеличение SiO₂ и K₂O (табл. 2). Особенно четко различие внешней и внутренней стенок видно при отдельном суммировании компонент уменьшающихся и увеличивающихся.

Таким образом, проведенные исследования показали, что:

1) неолитическая керамика Тункинской долины имеет особенности в химическом составе, выражающиеся, в первую очередь, в повышенных содержаниях Fe, Ca, S и Ba. Характер взаимного изменения компонент химического состава позволяет высказывать гипотезы о минеральном составе керамики.

2) экспресс-анализы методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии позволяют делать полуколичественные оценки состава керамики и решать интересные вопросы археологии.

Литература

Бердников И.М., Лохов Д.Н. Керамика в археологии: описание, анализ, методы исследования: учебное пособие. Иркутск: ИГУ, 2014. 163 с.

Пащикова Г.В. и др. Сравнительный анализ методик рентгенофлуоресцентного определения элементного состава археологической керамики из малых навесок // Аналитика и контроль. 2021. Т. 25. № 1. С. 20–23.