

Вариативность химического состава керамических сосудов раннего неолита Тункинской долины по данным портативного рентгенофлуоресцентного анализа

И. М. Бердников, И. С. Шегутов, Н. Б. Соколова*

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Представлены результаты портативного рентгенофлуоресцентного анализа (ПРФА), проведенного для коллекции керамики раннего неолита (~8,5–7 тыс. кал. л. н.) Тункинской долины (Юго-Западное Прибайкалье). Отмечается, что выборка представлена 20 образцами сосудов из раскопок местонахождений Туяна и Еловка-Нуган 1, расположенных на разных берегах р. Иркут в 6 км друг от друга. На основании данных ПРФА, обработанных при помощи методов многомерной статистики, в сравнении с морфотипологическими особенностями керамики, визуальной диагностикой формовочных масс и геоморфологической характеристикой местонахождений, установлено, что в данной местности обитали (вероятно, одновременно) минимум 8 разных групп охотников-собирателей, владевших традициями изготовления хайтинских и сетчатых сосудов, у которых существовали разные традиции поиска и отбора сырья.

Ключевые слова: Байкало-Енисейская Сибирь, Тункинская долина, ранний неолит, гончарство, портативный рентгенофлуоресцентный анализ.

Для цитирования: Бердников И. М., Шегутов И. С., Соколова Н. Б. Вариативность химического состава керамических сосудов раннего неолита Тункинской долины по данным портативного рентгенофлуоресцентного анализа // Известия Иркутского государственного университета. Серия Геоархеология. Этнология. Антропология. 2025. Т. 52. С. 64–73. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2025.52.64>

Variability of the Chemical Composition of Early Neolithic Ceramic Vessels of the Tunka Valley According to Portable X-ray Fluorescence Analysis

I. M. Berdnikov, I. S. Shegutov, N. B. Sokolova*

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article presents the results of portable X-ray fluorescence analysis (pXRF) conducted on a collection of Early Neolithic ceramics (~8.5–7 ka cal BP) from the Tunka Valley (Southwestern Baikal region). The sample includes 20 vessel fragments from excavations at the Tuyana and Elovka-Nugan 1 sites, located on opposite banks of the Irkut River, 6 km apart. Measurements were carried out using an Olympus Vanta M portable analyzer on sections of the inner surface of vessel fragments with the upper layer removed. The pXRF data were analyzed and interpreted using multivariate statistics methods: principal components analysis (PCA), k-means and hierarchical clustering. Various combinations of elements such as Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, Rb, Sr, Y, Zr were tested to differentiate the vessels. Ultimately, based on the analysis of fragments of a single vessel, it was determined that the most suitable combination is Fe, Rb, Sr, and Zr. Despite the small collection size, it proved to be quite representative for interpreting the results. Comparison of pXRF data with the morpho-typological features of the ceramic vessels, visual diagnostics of the moulding compounds, and geomorphological characteristics of the sites revealed differences in the chemical composition of the two types of ceramics: Net-impressed and Khaita. It was established that the hunter-gatherers of the Early Neolithic in Tunka Valley occupied different areas, and this is likely related to both the dynamic hydrological regime of the Irkut River and the seasonal selection of campsites, determined by subsistence strategies. At the Elovka-Nugan 1 site, the bearers of the Net-impressed pottery tradition exploited several raw material sources. In this case, a certain correlation can be observed between the geochemical characteristics of the pottery and the different areas of the site where archaeological assemblages were recorded (middle floodplain, high floodplain, high-altitude slope). One Net-impressed vessel from the Tuyana site shows close chemical similarity to vessels from the Elovka-Nugan 1 site. Two types of raw materials were used for Khaita ceramics, and one of them stands out from the crowd. It is concluded that at least 8 different groups of hunter-gatherers (apparently not contemporaneously) inhabited this area, each possessing the traditions of both Khaita and Net-impressed pottery and exploiting different raw material sources.

Keywords: Baikal-Yenisei Siberia, Tunka Valley, Early Neolithic, pottery, portable X-ray fluorescence analysis.

For citation: Berdnikov I. M., Shegutov I. S., Sokolova N. B. Variability of the Chemical Composition of Early Neolithic Ceramic Vessels of the Tunka Valley According to Portable X-ray Fluorescence Analysis. *Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series*. 2025, Vol. 52, pp. 64–73. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2025.52.64> (In Russ.)

* Полные сведения об авторах см. на последней странице статьи.
See the last page of the article for full authors information.

Введение

Портативный рентгенофлуоресцентный анализ (ПРФА) керамики в современном неолитоведении становится с каждым годом все более востребованным. Правильное его использование позволяет формировать более достоверные представления об особенностях адаптационных стратегий человеческих популяций, подготовки сырья и формовочных масс в рамках динамики культурно-технологических традиций. Несмотря на некоторые ограничения, данный метод хорошо себя зарекомендовал в исследованиях гончарства [Determining ... , 2018; Accessibility ... , 2025]. Неолитическая керамика Байкало-Енисейской Сибири также изучается при помощи ПРФА, и уже достигнут ряд значимых результатов. В частности, на примере материалов среднего неолита Приангарья и Верхней Лены показаны его возможности для выявления групп сосудов, которые потенциально могли быть изготовлены разными коллективами гончаров [Бердников, Шегутов, Соколова, 2025].

На данный момент наша база данных по ПРФА керамики включает 341 образец неолитических сосудов с разных местонахождений Байкало-Енисейской Сибири и Якутии, и результаты постепенно вводятся в оборот. Настоящее исследование посвящено одной из коллекций, происходящей из раскопок в Тункинской долине, анализ для которой проведен с целью выявления особенностей исходного сырья и формовочных масс двух разных археологических объектов с привлечением данных по морфотипологическим характеристикам сосудов, визуальной диагностике формовочных масс и геоморфологии местонахождений.

Материалы и методика

Для проведения ПРФА отобрано 20 образцов с местонахождений Туяна и Еловка-Нуган 1 (табл.; рис. 1), расположенных в долине р. Иркут на территории Тункинской рифтовой долины в пределах Еловского отрога. Первое дислоцировано на пологом склоне высокой поверхности правого берега р. Иркут, в 3 км к северо-востоку от с. Зактуй, и известно, главным образом, своей уникальной для региона индустрией с кареноидным компонентом, которая датируется ранним верхним палеолитом (34–30 тыс. кал. л. н.) [Reply to the comment ... , 2023]. В одном из пикетов (секторов) раскопа здесь был зафиксирован и среднеголоценовый комплекс, который включал фрагменты трех сетчатых раннеолитических сосудов, которые взяты для анализа. Сосуды представлены емкостями закрытой и открытой формы, украшенными в устьевой части округлыми ямками [Хронология ... , 2020, рис. 2, 2–4]. Второе находится на левом берегу р. Иркут, на правом приустьевом участке р. Еловки, в 6 км на северо-восток от стоянки Туяна [Местонахождение ... , 2015]. Археологические комплексы в данной местности приурочены к отложениям трех участков – средней 4–5-метровой поймы, высокой 6–7-метровой поймы и выположенной площадки в нижней части склона высокой поверхности над средней поймой. Выборку для анализа составили 17 образцов керамики из раннеолитических горизонтов, возраст которых, в соответствии с современной хронологической моделью неолита Байкало-Енисейской Сибири, лежит в пределах ~8,5–7 тыс. кал. л. н. Радиоуглеродная дата, полученная для раннеолитического горизонта на высокой пойме, продемонстрировала возраст ~7,7 тыс. кал. л. н., что вполне вписывается в указанные рамки [Хронология ... , 2020]. В числе отобранных для анализа образцов 4 относятся к хайтинским (шнуровым) сосудам и 13 – к сетчатым. Образцы EN_10, EN_11 и EN_12 принадлежат одному сосуду, причем этот выбор был не намеренным. Просто они отбирались

сразу по результатам полевых работ, когда материалы еще не были обработаны, и мы руководствовались тем, что в шурфе, где они были найдены, в горизонте раннего неолита было зафиксировано три отдельных скопления керамических фрагментов. После обработки находок, когда ПРФА был уже проведен, выяснилось, что все они принадлежат одному крупному сосуду.

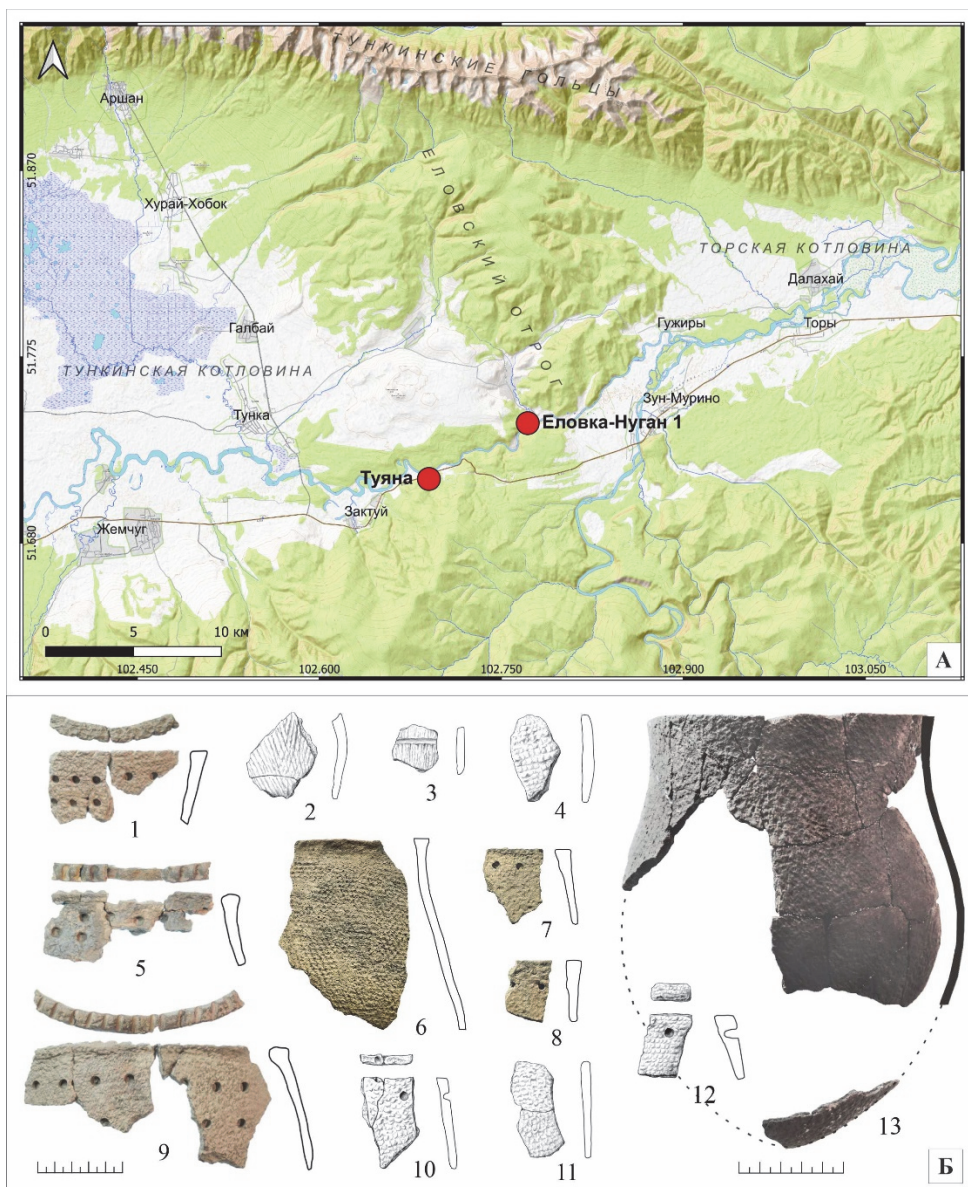


Рис. 1. А – Карта Тункинской долины с указанием расположения местонахождений Туяна и Еловка-Нуган 1; Б – ранненеолитическая керамика:

1, 4–13 – сетчатая; 2, 3 – хайтинская (1, 5, 9 – Туяна; 2–4, 6–8, 10–13 – Еловка-Нуган 1)

Fig. 1. A – Map of the Tunka Valley showing the location of the Tuyana and Elovka-Nugan 1 sites; B – Early Neolithic ceramics: 1, 4–13 – Net-impressed; 2, 3 – Khaita (1, 5, 9 – Tuyana; 2–4, 6–8, 10–13 – Elovka-Nugan 1)

Таблица

Краткая характеристика образцов

Table

Brief characteristics of the samples

Керамика	Год раскопок	Контекст	Слой	Шифр	Элемент рельефа	Ссылка на источник
Туяна						
Сетчатая	2016	Пикет 51	0	T_1	Площадка на склоне	[Хронология ... , 2020]
Сетчатая	2016	Пикет 51	0	T_2	Площадка на склоне	[Хронология ... , 2020]
Сетчатая	2016	Пикет 51	0	T_3	Площадка на склоне	[Хронология ... , 2020]
Еловка-Нуган 1						
Сетчатая	2015	Шурф 3	2	EN_1	Тыловой шов поймы	[Местонахождение ... , 2015]
Сетчатая	2015	Шурф 5	1	EN_2	Высокая пойма	[Местонахождение ... , 2015]
Сетчатая	2015	Шурф 5	1	EN_3	Высокая пойма	[Местонахождение ... , 2015]
Сетчатая	2015	Шурф 5	1	EN_4	Высокая пойма	[Местонахождение ... , 2015]
Сетчатая	2015	Шурф 5	1	EN_5	Высокая пойма	[Местонахождение ... , 2015]
Сетчатая	2014	Шурф 1	1	EN_6	Высокая пойма	[Местонахождение ... , 2015]
Сетчатая	2014	Шурф 1	1	EN_7	Высокая пойма	[Местонахождение ... , 2015]
Сетчатая	2025	Шурф 3	3	EN_8	Площадка на склоне	Настоящая статья
Сетчатая	2025	Шурф 3	3	EN_9	Площадка на склоне	Настоящая статья
Сетчатая	2025	Шурф 3	3	EN_10	Площадка на склоне	Настоящая статья
Сетчатая	2025	Шурф 3	3	EN_11	Площадка на склоне	Настоящая статья
Сетчатая	2025	Шурф 3	3	EN_12	Площадка на склоне	Настоящая статья
Сетчатая	2025	Шурф 1	5	EN_13	Средняя пойма	Настоящая статья
Хайтинская	2015	Шурф 3	2	EN_14	Тыловой шов поймы	[Местонахождение ... , 2015]
Хайтинская	2015	Шурф 3	2	EN_15	Тыловой шов поймы	[Местонахождение ... , 2015]
Хайтинская	2015	Шурф 3	2	EN_16	Тыловой шов поймы	[Местонахождение ... , 2015]
Хайтинская	2015	Шурф 3	2	EN_17	Тыловой шов поймы	[Местонахождение ... , 2015]

Измерения проводились при помощи портативного анализатора Olympus Vanta M (режим заводской калибровки Geoschem) на участках внутренней поверхности фрагментов сосудов с удаленным поверхностным слоем. Анализ и интерпретация данных ПРФА выполнены методами многомерной статистики: главных компонент и кластерного анализа.

Результаты

Для дифференциации сосудов из анализируемой выборки были опробованы комбинации таких элементов, как Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, Rb, Sr, Y, Zr. При выборе оптимального сочетания для разных типов визуализации данных мы ориентировались в первую очередь на образцы EN_10, EN_11, EN_12 (Еловка-Нуган 1, шурф 3 2025 г.), которые как фрагменты одного сосуда должны были позиционироваться близко друг другу. На графике МГК с использованием указанных выше элементов (рис. 2, 1) видно, что эти образцы, хоть и обнаруживают близость общего химического состава, все же демонстрируют определенную дисперсию, а сетчатая и хайтинская керамики образуют большую группу без возможности выделения четких отдельных групп, хотя некоторые тенденции все же наблюдаются. На втором графике (рис. 2, 2) с использованием комбинации Fe, Rb, Sr и Zr мы видим, что для образцов EN_10, EN_11, EN_12 имеется уже более четкая самостоятельная позиция (с повышенным содержанием Sr), а также отдельно группируются три образца хайтинской керамики (Еловка-Нуган 1, шурф 3 2015 г.). К последним тяготеет один образец сетчатого сосуда со стоянки Туяна. Все они отличаются высоким содержанием Rb и Zr. Значительная часть сетчатой керамики стоянки Еловка-Нуган 1 более железистая. Она представлена в основном образцами сосудов из шурфа 5 2015 г. на высокой пойме, а также двумя образцами с других участков: из шурфа 3 2025 г. (EN_9), заложенного на выположенной площадке нижней части склона высокой поверхности, и из шурфа 3 2015 г. (EN_1), который расположен в подножии этого же склона в непосредственной близости, буквально в 20 м, от последнего. Близко к ним позиционируются образец сетчатого сосуда из шурфа 1 2014 г. на высокой пойме (EN_6), а также оставшийся фрагмент хайтинского сосуда из шурфа 3 2015 г. и менее железистые образцы со стоянки Туяна. Отдельно на графике расположены образцы сетчатых сосудов, которые были найдены на разных участках: EN_7 – на высокой пойме (шурф 1 2014 г.), EN_8 – на участке склона (шурф 3 2025 г.); EN_13 – на средней пойме (шурф 1 2025 г.).

График по алгоритму k-средних на основе метода главных компонент (рис. 3, 1) демонстрирует идентичную картину, но с выделением кластеров. В один из них попадают фрагменты одного сосуда EN_10, EN_11, EN_12 с Еловки-Нуган 1, а также два образца со стоянки Туяна. Большой кластер образуют сосуды с высокой поймы местонахождения Еловка-Нуган 1, к которым, как и на графике МГК, присоединяются два образца этого же объекта из шурфов на склоне и в его подножии. Также рядом группируются фрагмент одного из хайтинских сосудов и образец сетчатой керамики с высокой поймы Еловки-Нуган 1. Еще три образца хайтинской керамики образуют самостоятельный кластер, и на данной диаграмме видно, что фрагмент сетчатого сосуда со стоянки Туяна хоть и расположен близко к ним, все же выделен алгоритмом отдельно. Самостоятельные позиции имеют образцы EN_7, EN_8 и EN_13, обнаруживая при этом отдаленные связи с более крупными кластерами Еловки-Нуган 1.

На диаграмме иерархического кластерного анализа (см. рис. 2, 2) для основных, т. е. крупных, групп наблюдается аналогичное распределение, что в целом отражает согласованность данных МГК и кластеризации.

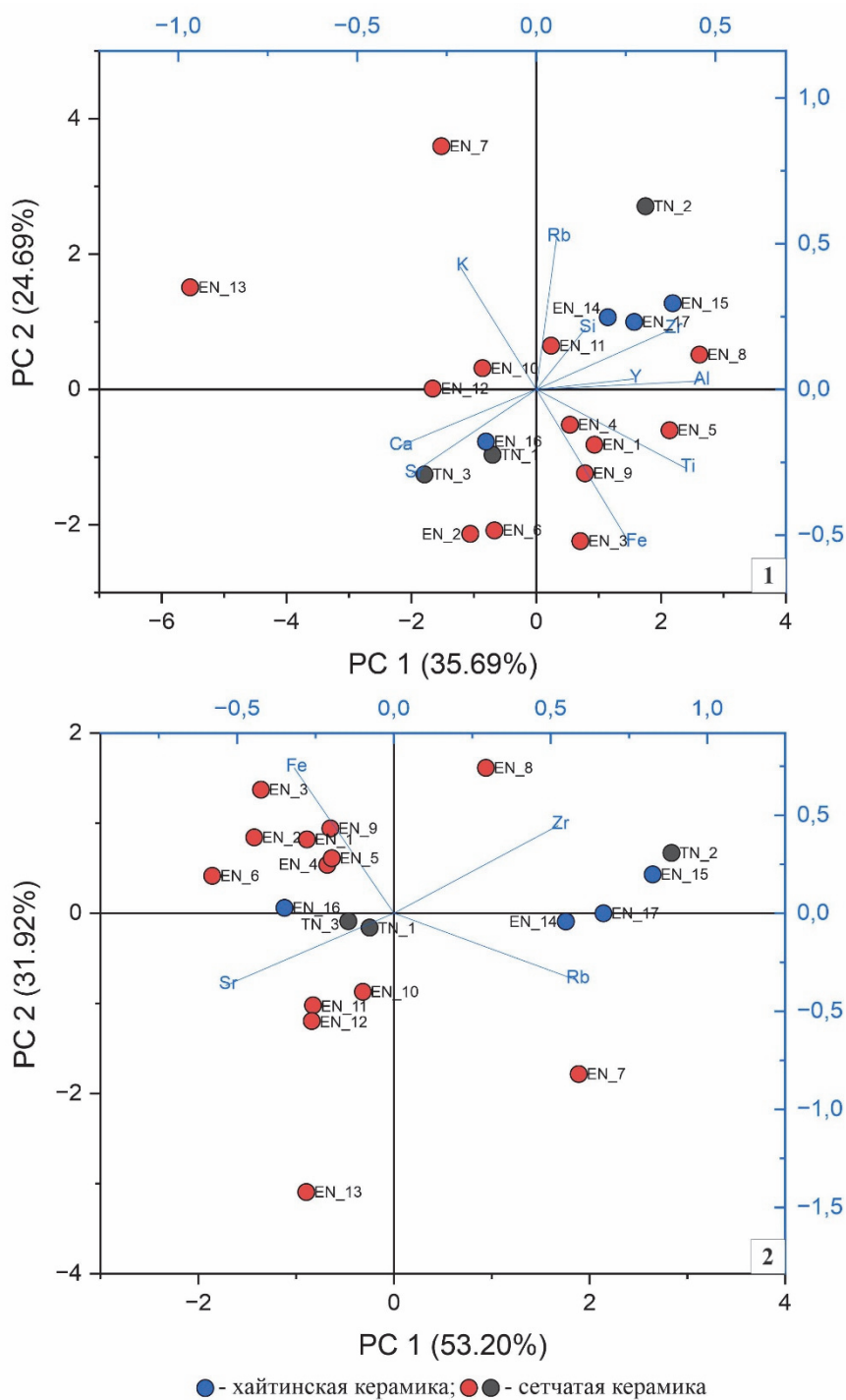


Рис. 2. Графики МГК с данными по ПРФА керамики местонахождений Туяна и Еловка-Нуган 1

Fig. 2. PCA plots with pXRF data for ceramics of the Tuyana and Elovka-Nugan 1 sites

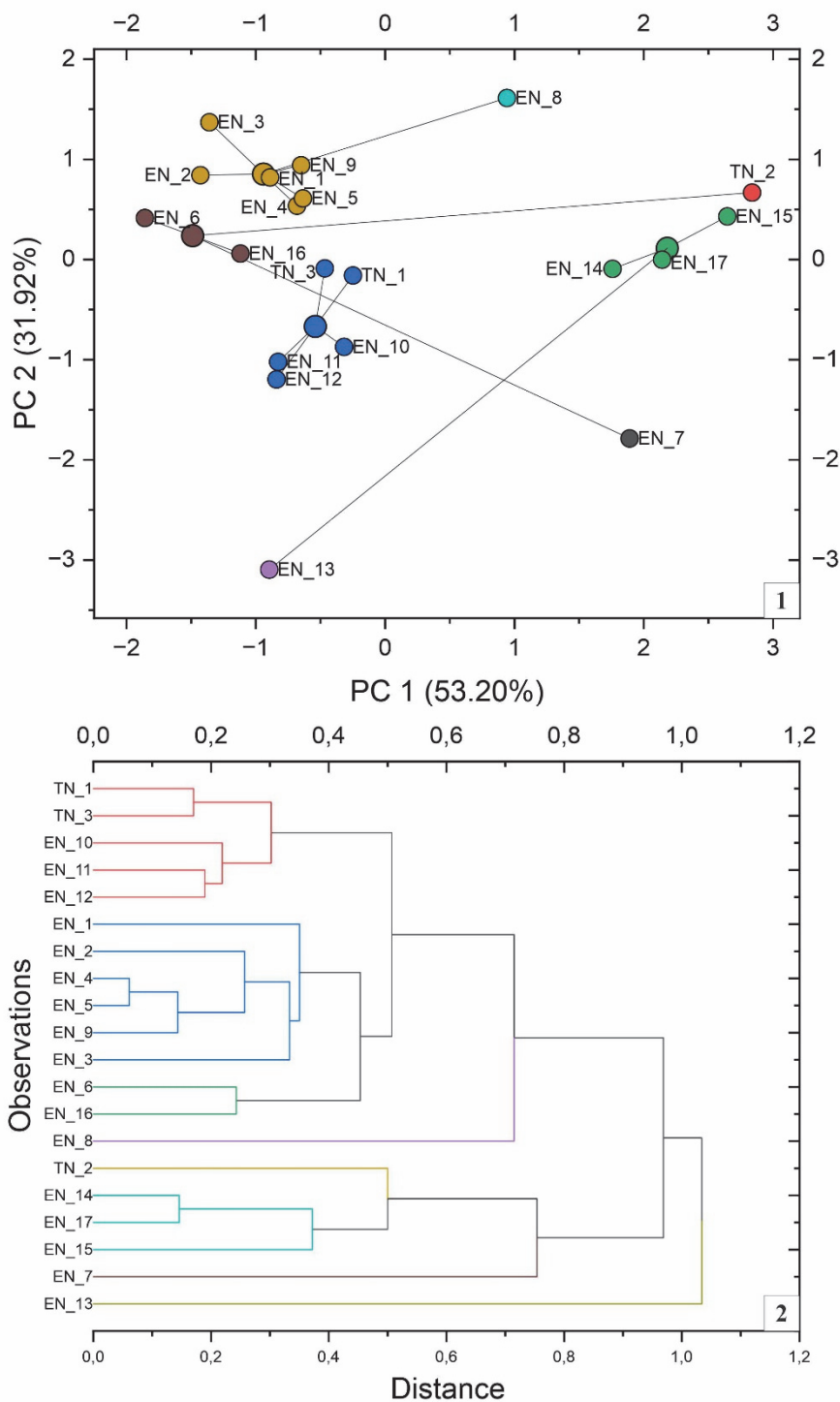


Рис. 3. Кластерный график и диаграмма с данными по ПРФА керамики местонахождений Туяна и Еловка-Нуган 1

Fig. 3. Cluster plot and diagram with pXRF data for ceramics of the Tuyana and Elovka-Nugan 1 sites

Обсуждение и выводы

По результатам обработки данных ПРФА методами многомерного анализа на всех использованных с Fe, Rb, Sr и Zr графиках и диаграммах мы видим одни и те же закономерности.

В первую очередь обращает на себя внимание отличие элементного состава керамики стоянки Туяна. Два образца, как ни странно, оказались довольно близки сетчатой керамике Еловки-Нуган 1, причем в большей степени образцам сосуда из шурфа 3 2025 г., расположенного на выположенной площадке склона. Третий позиционируется ближе к основной группе хайтинской керамики Еловки-Нуган 1. В этом есть определенная логика, если обратить внимание на морфологические особенности керамики Туяны. У сосудов TN_1 и TN_2 форма простая, что установлено по имеющимся фрагментам устьевой части, а у сосуда TN_3 – более сложная, со слабо выраженной профилировкой. То есть в данном случае налицо отличия не только химического состава керамики (соответственно и исходного сырья), но и морфологии сосудов. То есть скорее всего они были изготовлены двумя разными коллективами гончаров, причем один из них эксплуатировал сырьевые источники, видимо, с тех же участков, что и группа с местонахождения Еловка-Нуган 1, оставившая сосуд, представленный образцами EN_10, EN_11 и EN_12. Причем последний, в свою очередь, отличается от двух сосудов Туяны и морфологией и декором.

Интересной также представляется кластеризация трех образцов хайтинской керамики стоянки Еловка-Нуган 1, которые занимают самостоятельную позицию на диаграммах. Так как они представлены фрагментами тулова, на которых из элементов декора отмечаются только шнуровые оттиски (в целом схожие между собой), на предварительном этапе анализа достоверно не было установлено, принадлежат они одному сосуду или нескольким. Сравнительный анализ результатов ПРФА и визуальной диагностики изломов сосудов позволил нам прийти к выводу, что они относятся все же к одному сосуду. Охотники-собиратели, изготовившие его, имели явно другие традиции поиска и отбора исходного сырья, которое значительно отличается по своим характеристикам от источников, использовавшихся для сетчатых сосудов, а характерной его особенностью является наличие органических остатков (вероятно, растительности) в виде пустот различной формы. В данном случае с уверенностью можно утверждать, что мы имеем дело со свидетельством деятельности еще одного коллектива гончаров. Четвертый образец хайтинской керамики, который по химическому составу близок сетчатым сосудам из крупных кластеров, принадлежит сосуду, который оставлен еще одним коллективом. Об этом свидетельствует и характер его декора, который представлен более тонкими шнуровыми отпечатками.

Также можно отметить, что для остальной сетчатой керамики Еловки-Нуган 1 использовалось разное исходное сырье, при этом наблюдаются определенные тенденции вариативности его характеристик в зависимости от топографических особенностей местонахождения. Например, на фоне всей коллекции значительно выделяется сосуд EN_13, который был найден в шурфе на средней пойме и отличается, помимо геохимических характеристик, наличием крупных минеральных включений кварцевой породы в формовочной массе. Для сосудов с высокой поймы, включая образец EN_6 (который, в свою очередь, также близок по составу одному из хайтинских сосудов – EN_16), отмечаются аналогичные характеристики исходного сырья. Подобными источниками, судя по всему, пользовалась

группа, оставившая фрагменты сосудов с другого участка: на выположенной площадке склона (шурф 3 2025 г.) и в его подножии (шурф 3 2015 г.). Исходя из данных наблюдений, можно предположить, что участок на склоне посещали минимум два отдельных коллектива гончаров¹ (видимо, в разное время), а на высокой пойме обитала другая группа, которая оставила большинство проанализированных нами сосудов. На этом фоне выделяется только сосуд EN_7, который мог быть изготовлен еще одним коллективом.

Таким образом, несмотря на незначительный объем выборки керамики, она оказалась довольно репрезентативной для проведения ПРФА и интерпретации его результатов. Мы видим, что охотники-собиратели раннего неолита рассматриваемой территории Тункинской долины осваивали разные участки, и это, видимо, связано как с особенностями динамики гидрологического режима р. Иркут, так и с сезонным выбором мест для стоянок, обусловленным стратегиями жизнеобеспечения. На основе данных ПРФА, морфотипологического анализа сосудов и визуальной диагностики формовочных масс, в совокупности с оценкой геоморфологических особенностей рассматриваемых участков, можно сделать вывод, что в данной местности обитали как минимум 8 разных групп охотников-собирателей (очевидно, что неодновременно), владевших традициями изготовления хайтинских и сетчатых сосудов и эксплуатировавших разные источники сырья.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 24-28-01421.

Список литературы

- Бердников И. М., Шегутов И. С., Соколова Н. Б. Возможности методов многомерной статистики для интерпретации данных портативного рентгенофлуоресцентного анализа керамики: по материалам среднего неолита Байкало-Енисейской Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия Геоархеология. Этнология. Антропология. 2025. Т. 51. С. 33–48. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2025.51.33>
- Местонахождение Еловка-Нуган I – первый мультислойчатый археологический объект голоценового возраста в Тункинской долине / И. М. Бердников, Н. Е. Бердникова, Е. О. Роговской, Е. А. Липнина, И. В. Уланов, Д. Н. Лохов, Н. Б. Соколова, А. М. Клементьев, К. А. Крутикова, М. Е. Абрашина // Известия Иркутского государственного университета. Серия Геоархеология. Этнология. Антропология. 2015. Т. 14. С. 24–48.
- Хронология неолитической керамики Байкало-Енисейской Сибири: основные идеи и новые данные / И. М. Бердников, О. И. Горюнова, А. Г. Новиков, Н. Е. Бердникова, И. В. Уланов, Н. Б. Соколова, М. Е. Абрашина, К. А. Крутикова, Е. О. Роговской, Д. Н. Лохов, С. А. Когай // Известия Иркутского государственного университета. Серия Геоархеология. Этнология. Антропология. 2020. Т. 33. С. 23–53.
- Reply to the comment on «Upper Paleolithic site Tuyana – A multi-proxy record of sedimentation and environmental history during the late Pleistocene and the Holocene in the Tunka rift valley, Baikal region / I. M. Berdnikov, N. E. Berdnikova, E. A. Lipnina, D. P. Zolotarev, I. S. Shegutov, A. A. Shchetnikov, E. V. Bezrukova, G. G. Matasova, A. Y. Kazansky, V. V. Ivanova, G. A. Danukalova, I. A. Filinov, F. I. Khenzykhenova, E. M. Osipova, E. O. Rogovskoi, G. A. Vorobieva // Quaternary International. 2023. Vol. 658. P. 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.04.006>
- Accessibility and Exchange in Boriquén: Compositional Study of Ceramics in Pre-colonial Puerto Rico / E. C. Kracht, D. J. Kennett, R. Rodríguez Ramos, N. J. Wallis, E. Frahm // Journal of Island and Coastal Archaeology. 2025. July. P. 1–23. <https://doi.org/10.1080/15564894.2025.2511113>
- Determining the Provenance of Cayo Pottery from Grenada, Lesser Antilles, Using Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry / R. B. Scott, B. Neyt, C. L. Hofman, P. Degryse // Archaeometry. 2018. Vol. 60. P. 966–985. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103315>

¹ Можно, конечно, предположить, что коллективов было больше, учитывая отличия химического состава сосуда EN_8, однако по всем другим признакам он идентичен сосуду EN_9. Возможно, отдельная его позиция на диаграммах связана с выбросом по концентрации Zr.

References

- Berdnikov I. M., Shegutov I. S., Sokolova N. B. Vozmozhnosti metodov mnogomernoi statistiki dlya interpretatsii dannykh portativnogo rentgeno fluoresstentnogo analiza keramiki: po materialam srednego neolita Baikalo-Eniseiskoi Sibiri [Potential of Multivariate Statistical Methods for Interpreting Portable X-ray Fluorescence Analysis Data from Ceramics: Based on Middle Neolithic Assemblages of the Baikal-Yenisei Siberia]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geoarkheologiya. Etnologiya. Antropologiya* [Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series]. 2025, Vol. 51, pp. 33–48. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2025.51.33> (In Russ.)
- Berdnikov I. M., Berdnikova N. E., Rogovskoi E. O., Lipnina E. A., Ulanov I. V., Lokhov D. N., Sokolova N. B., Klementiev A. M., Krutikova K. A., Abrashina M. E. Mestonakhozhdenie Elovka-Nugan 1 – pervyi multisloichatyi arkhеologicheskii ob'ekt golotsenovogo vozrasta v Tunkinskoj doline [Elovka Nugan 1 – the First Multilayer Archaeological Site of Holocene in the Tunka Valley]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geoarkheologiya. Etnologiya. Antropologiya* [Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series]. 2015, Vol. 14, pp. 24–48. (In Russ.)
- Berdnikov I. M., Goriunova O. I., Novikov A. G., Berdnikova N. E., Ulanov I. V., Sokolova N. B., Abrashina M. E., Krutikova K. A., Rogovskoi E. O., Lokhov D. N., Kogai S. A. Khronologiya neoliticheskoi keramiki Baikalo-Eniseiskoi Sibiri: osnovnye idei i novye dannye [Chronology of the Neolithic Ceramics of Baikal-Yenisei Siberia: Basic Ideas and New Data]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geoarkheologiya. Etnologiya. Antropologiya* [Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series]. 2020, Vol. 33, pp. 23–53. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2020.33.23> (In Russ.)
- Berdnikov I. M., Berdnikova N. E., Lipnina E. A., Zolotarev D. P., Shegutov I. S., Shchetnikov A. A., Bezrukova E. V., Matasova G. G., Kazansky A. Y., Ivanova V. V., Danukalova G. A., Filinov I. A., Khenzykhenova F. I., Osipova E. M., Rogovskoi E. O., Vorobieva G. A. Reply to the comment on "Upper Paleolithic site Tuyana – A multi-proxy record of sedimentation and environmental history during the late Pleistocene and the Holocene in the Tunka rift valley, Baikal region". *Quaternary International*. 2023, Vol. 658, pp. 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.04.006>
- Kracht E. C., Kennett D. J., Rodríguez Ramos R., Wallis N. J., Frahm E. Accessibility and Exchange in Boriquén: Compositional Study of Ceramics in Pre-colonial Puerto Rico. *Journal of Island and Coastal Archaeology*. 2025, July, pp. 1–23. <https://doi.org/10.1080/15564894.2025.2511113>
- Scott R. B., Neyt B., Hofman C. L., Degryse P. Determining the Provenance of Cayo Pottery from Grenada, Lesser Antilles, Using Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry. *Archaeometry*. 2018, Vol. 60, pp. 966–985. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103315>

Сведения об авторах

Бердников Иван Михайлович

кандидат исторических наук, старший научный сотрудник, зам. директора по науке, НИЦ «Байкальский регион», Иркутский государственный университет; Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: yan-maiski@yandex.ru

Шегутов Иван Сергеевич

младший научный сотрудник, НИЦ «Байкальский регион», Иркутский государственный университет; Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: shegutow@gmail.com

Соколова Наталья Борисовна

младший научный сотрудник, НИЦ «Байкальский регион», Иркутский государственный университет; Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: snb-87@mail.ru

Information about the authors

Berdnikov Ivan Mikhailovich

Candidate of Sciences (History), Senior Researcher, Deputy Director for Science of Scientific Research Center “Baikal Region”, Irkutsk State University; 1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian Federation
e-mail: yan-maiski@yandex.ru

Shegutov Ivan Sergeevich

Junior Researcher, Scientific Research Center “Baikal Region”, Irkutsk State University; 1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian Federation
e-mail: shegutow@gmail.com

Sokolova Natalia Borisovna

Junior Researcher, Scientific Research Center “Baikal Region”, Irkutsk State University; 1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian Federation
e-mail: snb-87@mail.ru