

БРОНЗОВЫЙ ВЕК

УДК 902/903

<https://doi.org/10.24852/2587-6112.2025.1.173.187>**РЕГИОНЫ ВЫПАСА ДОМАШНИХ КОПЫТНЫХ ПО ДАННЫМ
ИЗОТОПНОГО СОСТАВА СТРОНЦИЯ В МАТЕРИАЛАХ
ДРЕВНИХ РУДНИКОВ НОВОТЕМИРСКИЙ И ВОРОВСКАЯ ЯМА
(ЮЖНОЕ ЗАУРАЛЬЕ)¹**

© 2025 г. П.С. Анкушева, А.В. Епимахов

В статье представлена сравнительная характеристика изотопного состава стронция в костных остатках из культурного слоя двух медных рудников степного Зауралья. Цель работы связана с выявлением возможных регионов снабжения горняков бронзового века мясными продуктами. Выборка включает 38 измерений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в эмали зубов и костях КРС, МРС и лошади. 20 из них происходят из материалов Новотемирского рудника, 18 – из коллекции рудника Воровская Яма. Хотя регионы выпаса скота обоих памятников связаны с Южным Зауральем, предполагается различие в организации поставок животных для этих двух памятников. Отношения изотопов стронция в большинстве образцов Новотемирского рудника аналогичны фоновым, что позволяет предположить вовлеченность в отработку месторождения населения окрестных поселков. Данные по выборке рудника Воровская Яма отражают формирование большей части стада с более отдаленных территорий, вплоть до 100 км к востоку от выработки. Полученные результаты позволяют предположить различие моделей горного дела в бронзовом веке в одном регионе и на сходных по геологическим характеристикам месторождениях.

Ключевые слова: археология, металлургия меди, рудник, бронзовый век, Южный Урал, изотопы стронция, мобильность, животноводство, алакульская культура

**REGIONS OF DOMESTIC UNGULATE GRAZING ACCORDING TO
STRONTIUM ISOTOPE COMPOSITION DATA IN MATERIALS FROM
NOVOTEMIRSKY AND VOROVSKAYA YAMA ANCIENT MINES
(SOUTHERN TRANS-URALS)²**

P. S. Ankusheva, A. V. Epimakhov

The article presents a comparative description of the strontium isotopic composition in bone remains from the cultural layer of two copper mines in the steppe Trans-Urals. The purpose of the work is to identify possible regions for supplying the Bronze Age miners with meat products. The sample includes 38 measurements of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in the enamel of teeth and bones of cattle, caprines and horses. 20 of them come from materials of the Novotemirsky mine, 18 - from the collection of the Vorovskaya Yama mine. Although the grazing regions of both sites are linked with the Southern Trans-Urals, differences in the organization of animal supplies for these two mines are expected. The ratios of strontium isotopes in most samples from the Novotemirsky mine are similar to the background ones, which suggests that the population of surrounding settlements was involved in the development of the deposit. The data from the Vorovskaya Yama mine sample reflect the formation of a large part of the livestock from more remote areas, up to 100 km east of the mine. The obtained results suggest differences in mining patterns in the Bronze Age in the same region and in deposits with similar geological characteristics.

Keywords: archaeology, copper metallurgy, mine, Bronze Age, Southern Urals, strontium isotopes, mobility, livestock farming, Alakul culture

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №20-18-00402П. Авторы благодарят М.Н. Анкушева за консультации по геоморфологии месторождений и помощь в подготовке иллюстративного блока статьи.

² The work was prepared with the support of the Russian Science Foundation, project No. 20-18-00402P. The authors thank M.N. Ankushev for his advice on the geomorphology of deposits and for his help in preparing the illustrative section of the article.

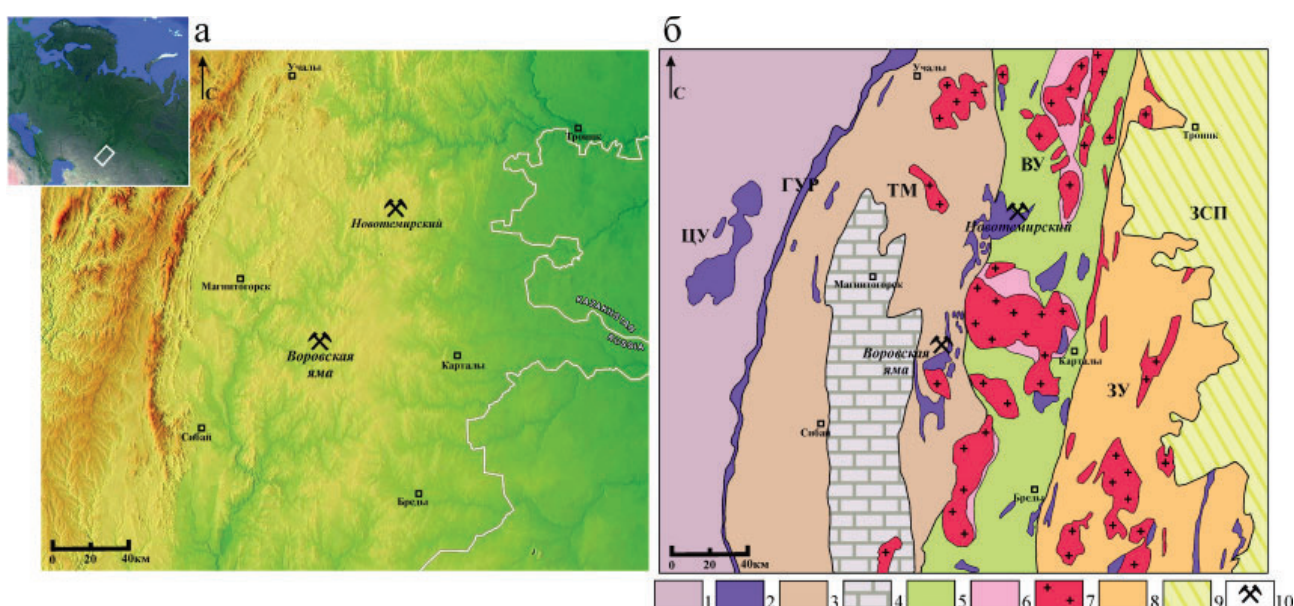


Рис. 1. Расположение древних рудников Новотемирский и Воровская Яма на географической (а) и геологической (б) схемах Южного Урала (по Козлов и др., 2001): 1 – докембрийские и палеозойские метаморфические комплексы; 2 – палеозойские офиолитовые ультрабазит-базитовые комплексы; 3 – девон-каменноугольные вулканогенно-осадочные комплексы; 4 – каменноугольные известняки и вулканогенно-осадочные комплексы; 5 – палеозойские метаморфические и вулканогенные комплексы; 6 – протерозойские вулканиды и гранито-гнейсы; 7 – каменноугольно-пермские гранитные интрузивы; 8 – протерозой-палеозойские вулканогенно-осадочные комплексы; 9 – мезозой-кайнозойские осадочные комплексы; 10 – древние рудники. Основные структурно-формационные зоны Урала: ЦУ – Центрально-Уральская мегазона, ГУР – зона Главного Уральского разлома, ТМ – Тагил-Магнитогорская мегазона, ВУ – Восточно-Уральская мегазона, ЗУ – Зауральская мегазона, ЗСП – Западно-Сибирская платформа.

Fig. 1. Location of the Novotemirsky and Vorovskaya Yama ancient mines on the geographical (a) and geological (b) sketch-maps of the Southern Urals (after Kozlov et al., 2001): 1 – Precambrian and Paleozoic metamorphic complexes; 2 – Paleozoic ophiolite ultramafic-mafic complexes; 3 – Devonian-Carboniferous volcanogenic-sedimentary complexes; 4 – Carboniferous limestones and volcanic-sedimentary complexes; 5 – Paleozoic metamorphic and volcanogenic complexes; 6 – Proterozoic volcanic rocks and granite-gneisses; 7 – Carboniferous-Permian granite intrusions; 8 – Proterozoic-Paleozoic volcanogenic-sedimentary complexes; 9 – Mesozoic-Cenozoic sedimentary complexes; 10 – ancient mines. The main structural-formation zones of the Urals are: ЦУ - Central Ural megazone, ГУР - Main Ural Fault zone, ТМ - Tagil-Magnitogorsk megazone, ВУ - East Ural megazone, ЗУ - Trans-Ural megazone, ЗСП - West Siberian Platform.

Введение

В начале XXI века в свете расширения спектра аналитических методов наблюдается повышение исследовательского интереса к проблеме добычи медной руды в бронзовом веке Северной Евразии. По материалам эталонных горно-металлургических комплексов и микрорайонов предполагаются различные модели организации отработки месторождений: экспортная, всесезонная специализированная в Каргалинском ГМЦ (Черных, 2002; Каргалы, 2004); пастушеская, сезонная неспециализированная в Урало-Мугоджарском ГМЦ (Ткачев, 2017); промежуточный вариант обсуждается для территории Южного Зауралья (Alaeva et al., 2021). Один

из спорных вопросов, связанных с глубиной специализации работающих на рудниках лиц, касается их снабжения продуктами питания. Палеозоологические и изотопные методы играют важную, часто ключевую роль в его решении, что подтверждает серия недавних case-studies (Шишлина и др., 2020; Антипина и др., 2022; Ткачев и др., 2023).

Одним из регионов активного накопления полевых и аналитических данных по данной тематике в настоящее время является Южное Зауралье. Здесь на территории современной Челябинской области (рис. 1) раскопками исследовано два древних рудника: Новотемирский (Чесменский район) и Воровская Яма (Кизильский район) (рис. 2). Рудопрояв-



Рис. 2. Виды окрестностей медных рудников Новотемирский (А) и Воровская Яма (Б).

Fig. 2. Views of the surrounding landscape of the Novotemirsky (A) and Vorovskaya Yama (B) copper mines.

ления меди имеют близкий генезис и относятся к скарновому типу. По данным радиоуглеродного датирования, Новотемирский рудник имел длительный период посещения в рамках бронзового и раннего железного веков, однако, горно-металлургические объекты достоверно связаны только с археологическими культурами II тысячелетия до н.э. Что касается рудника Воровская Яма, то вскрытый раскопками участок однороден в культурно-хронологическом отношении и представлен алакульскими древностями 17–16 вв. до н.э. в системе калиброванных дат. Osteологические коллекции обоих памятников состоят из фрагментов костей и зубов КРС, МРС и лошади, отражая пищевые предпочтения занятых на месторождении рабочих (Анкушева и др., 2021; Ankusheva et al., 2024).

Целью работы является сравнительная характеристика изотопного состава стронция в костных остатках животных, обнаруженных на этих рудниках, для выявления сходств и различий в системе снабжения горняков бронзового века мясными продуктами. Планируется решение нескольких задач: 1) дать общую оценку однородности выборки по каждому из памятников, т.е. существовал один или несколько источников мяса; 2) выделить местных и не местных особей, чей Sr-изотопный сигнал отличен от фоновых значений; 3) определить возможные векторы обменных связей горняков в случае диагностирования отличий от фона. Полученные сведения в конечном счете открывают возможности для сравнения моделей горного дела в пределах одного региона.

Материалы и методы

Таблица 1. Количество измерений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в костных остатках из материалов рудников

Воровская Яма и Новотемирский

Table 1. Number of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ measurements in bone remains from materials of the Vorovskaya Yama and Novotemirsky mines

	Новотемирский	Воровская Яма
Всего измерений:	20	18
Из них эмаль зубов:	7	14
кость:	13	4
Всего особей:	19	14
Из них КРС (<i>Bos taurus</i>)	7	6
МРС (<i>Ovicaprid</i>)	11	5
Лошадь (<i>Equus caballus</i>)	1	3

База данных по двум рудникам содержит 38 измерений отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. 21 из них выполнено по эмали зубов, 17 – по костям. Видовой состав представлен домашними копытными: КРС, МРС и лошадью (табл. 1).

Из материалов рудника Новотемирский происходят 20 проб от 19 особей. Контекстуально большинство находок относится к бронзовому веку и происходят из раскопа 2019А, связанного с шахтой и прилегающим к ней отвалами (Анкушева и др., 2021, с. 75, рис. 3). Пять из этих проб имеют AMS-датировки (табл. 2). Две ассоциированы с древностями алакульской культуры ($\text{IGAN}_{\text{AMS}}-7437$, 3335 ± 20 ; $\text{IGAN}_{\text{AMS}}-7043$, 3300 ± 25), остальные три ($\text{IGAN}_{\text{AMS}}-7438$, 3095 ± 20 ; $\text{IGAN}_{\text{AMS}}-9246$, 3060 ± 25 ; $\text{IGAN}_{\text{AMS}}-9244$, 3005 ± 25) – с эпохой финала бронзового века (Ankusheva et al., 2022). Другие кости этого раскопа залегают в слоях, связанных с этими группами, но уверенно определить принадлежность к одному из этих хронологических периодов затруднительно ввиду открытого характера комплекса. Единственным исключением, в чьей принадлежности к бронзовому веку мы не уверены, является образец из раскопа 2019Б – фрагмент зубного ряда овцы (археологический шифр 7К, табл. 3), по которому выполнены два измерения стронция – по кости и эмали соответственно. Контекст его обнаружения не содержал культурно определенных артефактов.

По материалам рудника Воровская Яма выполнено 18 измерений, пробы происходят от 14 особей. Все образцы были обнаружены в раскопе 2021 года, который охватывал участок поселения горняков с котлованами построек. По другим костям с пола построек были выполнены три радиоуглеродные AMS-датировки ($\text{IGAN}_{\text{AMS}}-9797$, 3360 ± 25 ; $\text{IGAN}_{\text{AMS}}-9798$, 3355 ± 20 , $\text{IGAN}_{\text{AMS}}-9796$, 3300 ± 20), определяющие по итогам моделирования интервал функционирования исследованного участка в пределах 17–16 вв. до н.э. (табл. 2). Таким образом, в этом случае речь идет о стаде горняков алакульской культуры, что подтверждается и характерными особенностями керамической коллекции (Ankusheva et al., 2024).

Подготовку и измерение образцов проводили ЦКП “Геоаналитик” Института геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург) в чистых комнатах (классы 6 и 7 ИСО). Измерения изотопного состава стронция проведены на МК-ИСП масс-спектрометре Neptune Plus с внутренней нормализацией по экспоненциальному закону на отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 8.375209$ в комбинации с брекетингом по схеме «стандарт-образец-образец-стандарт» с использованием NIST SRM 987. Долговременная воспроизводимость оценена с использованием NIST SRM 987: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,71025\pm0,00012$ (2σ , $n=104$) (Киселева и др., 2021).

Оба рудника расположены в зоне охвата карт фоновых интерполированных значений биодоступного стронция, созданных для территории Южного Зауралья (Епимахов и др., 2023). С геологической точки зрения Новотемирский рудник находится в пределах Восточно-Уральской мегазоны, значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ которой варьируют в пределах $0,70865\text{--}0,71027$ со средним $0,7096\pm0,002$. Рудник Воровская Яма расположен в 80 км к юго-западу от Новотемирского, на границе Восточно-Уральской и Тагило-Магнитогорской мегазон. Последняя демонстрирует значения биодоступного стронция в интервале $0,70768\text{--}0,7098$ при среднем $0,7091\pm0,002$. Для расчета микрорегионального фонового интервала для каждого из памятников была определена выборка из 25 точек на интерполированных картах по четырем типам образцов (вода, трава, почва и раковины моллюсков), а также усредненной карте (Chechushkov et al.,

Таблица 2. Результаты радиоуглеродного датирования коллагена в костных остатках из культурного слоя рудников Новотемирский и Воровская Яма
Table 2. Results of radiocarbon dating of collagen in bone remains from the cultural layers of the Novotemirsky and Vorovskaya Yama mines

№	Лаб. №	Памятник НТ – Новотемирский, ВЯ – Воровская Яма	Контекст	Вид	^{14}C , BP	$\pm 1\sigma$	Кал. лет до н.э. (95,4%)	Медиана, кал. лет до н.э.	$\text{C}/\text{N}_{\text{atm}}$	$\delta^{15}\text{N}$, ‰	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	Период (А – алакульский, Ф – финал бронзового века)
1	IGAN _{AMS} -7437	НТ	Шахта 1, -900	КРС (<i>Bos Taurus</i>)	3335	20	1681-1533	1587	3,05	5,07	-19,45	А
2	IGAN _{AMS} -7043	НТ	6D кв., -221, под отвалом из шахты	КРС (<i>Bos Taurus</i>)	3300	25	1618-1510	1567	2,8	5,4	-19,78	А
3	IGAN _{AMS} -7438	НТ	7G кв., -188, поверх отвала в гумусе	КРС (<i>Bos Taurus</i>)	3095	20	1422-1292	1348	3,22	6,37	-20,09	Ф
4	IGAN _{AMS} -9246	НТ	7D кв., -214, на кромке отвала	МРС (<i>Ovis Aries</i>)	3060	25	1409-1234	1331	3,39	5,18	-20,2	Ф
5	IGAN _{AMS} -9244	НТ	7D кв., -228, на кромке отвала	МРС (<i>Ovis Aries</i>)	3005	25	1381-1127	1246	3,39	4,9	-20,29	Ф
6	IGAN _{AMS} 9796	ВЯ	2021. Постройка 1, уровень пола (кв. 3В, -68(82))	Крупное копытное	3300	20	1616-1514	1568	3,22	4,35	-19,56	А
7	IGAN _{AMS} 9797	ВЯ	2021. Постройка 2, ямка 21 (кв. 4В)	Крупное копытное	3360	25	1738-1542	1644	3,15	5,07	-19,86	А
8	IGAN _{AMS} 9798	ВЯ	2021. Постройка 2, скопление керамики 1 (кв. 4Г)	Крупное копытное	3355	20	1736-1542	1635	3,16	4,59	-19,75	А

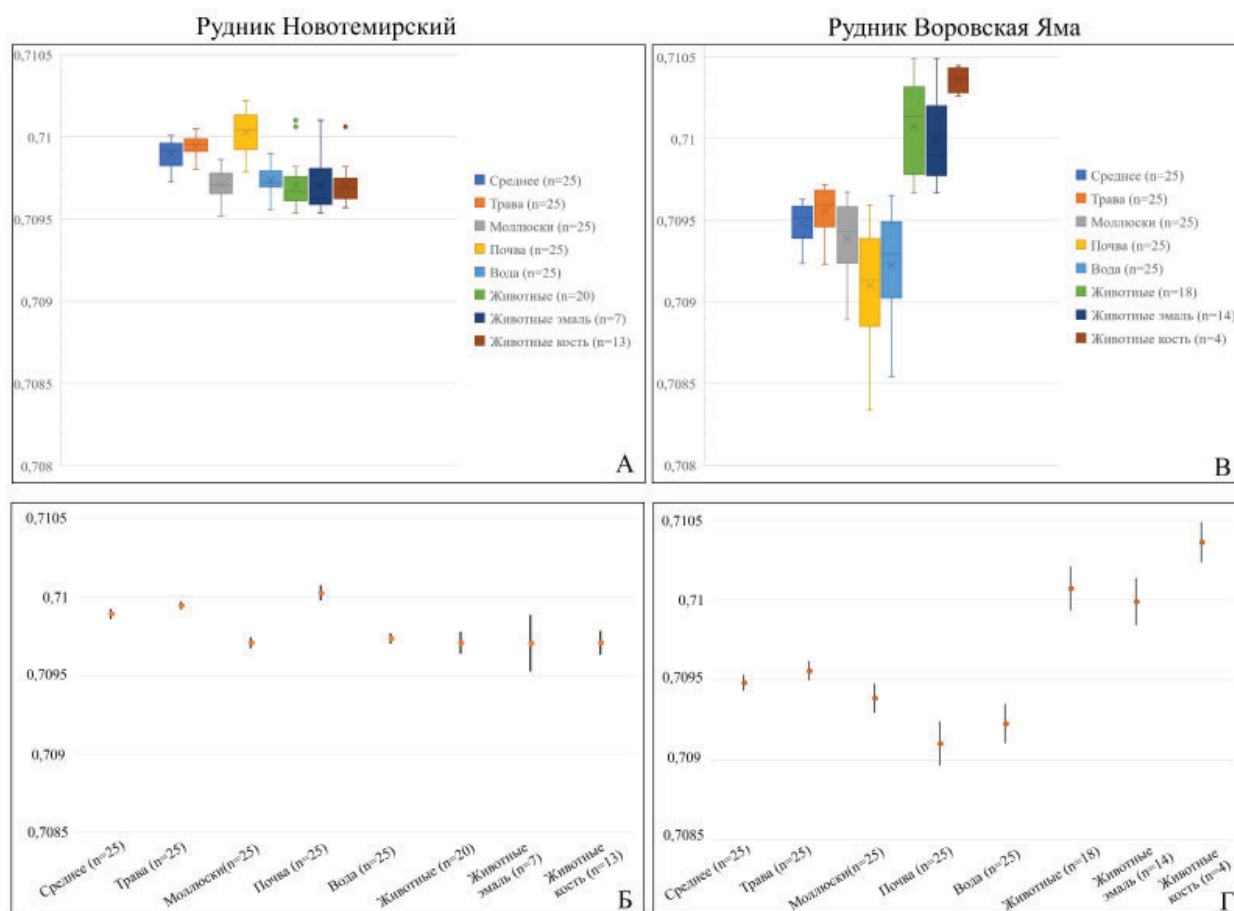


Рис. 3. Вариации $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в фоновых и археологических образцах из микрорайонов Новотемирский (А-Б) и Воровская Яма (В-Г): диаграммы размаха (А, В) и средние значения (точка) при 95% доверительном интервале (черная линия) (Б, Г).

Fig. 3. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in samples from the Novotemirsky (А-Б) and Vorovskaya Yama (В-Г) microdistricts: box plots (А, В) and means (dot) with 95% confidence interval (black line) (Б, Г).

2023). Точки образуют квадрат со стороной в 20 км, условным центром которого является памятник, и отражают прогнозируемые значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в костных остатках животных, выпасавшихся в радиусе 10–15 км от памятника.

В качестве метода оценки гетерогенности и сравнения фоновых и археологических выборок были использованы диаграмма размаха и метод подсчета доверительных интервалов (далее – ДИ) ошибок средних значений.

Результаты

Новотемирский рудник

Выборка значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ($n=20$) лежит в диапазоне 0,70954–0,71010 (табл. 3) и имеет следующие основные характеристики: медиана выборки – 0,70967; среднее выборки – 0,70971, среднеквадратическое отклонение – 0,00015. Эти данные позволяют с 95% веро-

ятностью предположить, что среднее значение для всех особей может лежать в достаточно узком интервале от 0,70964 до 0,70978 ($\bar{x}=0,70971 \pm 0,00007$, 95% ДИ). Средние значения выборок по эмали ($n=7$) и костям ($n=13$) идентичны между собой, с учетом несколько более узкого ДИ в последнем случае. Последнее может быть обусловлено некоторым «выравниванием» Sr-изотопного сигнала за счет диагенетических преобразований. Костная ткань из-за большей пористости и меньшего размера кристаллов гидроксиапатита по сравнению с плотной и минерализованной эмалью более восприимчива к обогащению биоапатита микроэлементами, в том числе стронцием, из почв, глин, вмещающих пород, поровых вод, дождевой воды (Patterson, Ericson 1991; Somerville, Beasley, 2023).

Диаграмма размаха, построенная по всей выборке (рис. 3А), демонстрирует наличие двух выбросов по образцам МРС: один по эмали зуба (0,71010), второй по кости (0,71006). Для последнего предполагается связанная с эпохой финала культурно-хронологическая позиция – он залегал в одном скоплении с продатированным образцом ($IGAN_{AMS}-9244, 3005 \pm 25$). На диаграмме, включающей только результаты по эмали зубов, первый выброс нивелируется, что способствует удлинению верхнего уса, по костям – сохраняется второй выброс значения по образцу эпохи финала.

Несмотря на наличие выбросов, общий интервал значений, полученных по материалам рудника Новотемирский достаточно узкий. Для территории Южного Зауралья ранее предложен пороговый критерий p ($p < 0,001$), определяющий происхождение организмов из одной территории (Епимахов и др., 2023, с. 1085). В нашем случае разница минимального и максимального значений составляет лишь 0,00056, при этом разница между нижней и верхней границей доверительного интервала в 95% еще ниже – 0,00014. Эти наблюдения позволяют предполагать единый регион выпаса для животных Новотемирского рудника, или, по крайней мере, для подавляющего их большинства. В него входят алакульские образцы, пробы эпохи финала и образцы с неясной культурно-хронологической принадлежностью.

Для уточнения региона происхождения обратимся к фоновым интерполированным картам биодоступного стронция. Прежде всего нужно отметить, что археологическая выборка не содержит экстремальных значений $^{87}Sr/^{86}Sr$, не характерных для Южного Зауралья (Епимахов и др., 2023). Что касается непосредственно Новотемирского микрорайона, то здесь вариативность по различным типам образцов низкая: $0,70974 \pm 0,00003$ для воды, $0,70995 \pm 0,00002$ для травы, $0,71003 \pm 0,00005$ для почвы, $0,70971 \pm 0,00004$ для моллюсков; усредненное значение $0,70989 \pm 0,00003$ при 95% ДИ (рис. 3Б). Данные археологической выборки близки к фоновым, что наглядно иллюстрирует как диаграмма средних значений, так и диаграмма размаха (рис. 3А-Б). При этом значения $^{87}Sr/^{86}Sr$ двух выбросов археологической выборки близки медианным по почве. Следовательно, природа статистических выбросов может быть объяснена как

диагенетическим привнесом элементов непосредственно из грунта (в случае кости), так и с естественной вариативностью изотопного состава биодоступного стронция в этом микрорайоне. В частности, повышенные значения по почвенной выборке относительно остальных фоновых наборов данных связаны с близостью к коренным породам (серпентинитам), которые еще более радиогенны (0,71242) (Киселева и др., 2021, с. 182). В конечном счете, при объяснении выбросов нельзя не учитывать фактор ограниченности выборки.

Так или иначе, очевидно, что большинство животных Новотемирского рудника могло выпасаться в радиусе 10–15 км от него, либо на территориях со сходными геоморфологическими условиями. Стоит отметить, что при подсчете не местных особей с учетом прямых локальных измерений мульти-прокси Sr-сигнала, полученных по собранным вокруг памятника образцам и при отсутствии фоновой карты, доля последних также не превышала 10% (Анкушева и др., 2021). Речь также шла об упомянутых двух образцах МРС.

Воровская Яма

Выборка значений $^{87}Sr/^{86}Sr$ ($n=18$) лежит в диапазоне 0,70967–0,71049 (табл. 3) и имеет следующие основные характеристики: медиана выборки – 0,71014; среднее – 0,71007, среднеквадратическое отклонение – 0,00028. Эти данные позволяют с 95% вероятностью предположить, что среднее значение всех особей может лежать в интервале от 0,70994 до 0,71021 ($\bar{x} = 0,71007 \pm 0,00014$, 95% ДИ). Средние значения выборки по эмали зубов ($0,70999 \pm 0,00015$) менее радиогенные, чем по костям ($0,71036 \pm 0,00013$). Мы предполагаем, что это связано с искажением изотопного отношения стронция в костной ткани в результате диагенеза. Во-первых, значения костей схожи между собой и выше, чем по эмали. Во-вторых, изменение цвета костных образцов (зеленоватый) свидетельствует о поглощении оксидов меди.

На диаграмме размаха (рис. 3В) выборка характеризуется широким ящиком и короткими усами без выбросов, что сигнализирует об отклонении от нормального распределения, а также незначительным смещением медианы в сторону менее радиогенных значений в сравнении со средним. Разница между минимальным и максимальным значениями по эмали

Таблица 3. Вариации $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в эмали зубов и костях домашних копытных рудников Новотемирский (НТ) и Воровская Яма (ВЯ).
Table 3. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio in tooth enamel and bones of domestic ungulates from the Novotemirsky and Vorovskaya Yama mines

№ п/п	Памятник	Контекст	Номер особи	Вид	Материал	Шифр арх.	Лаб. №	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2s$
1	НТ	Объект 1 (шахта), -900, дно	2	<i>Bos taurus</i>	кость	5К	20-925	0,70957	0,00001
2	НТ	7Г, -188 (25), темно-серый гумус с мелким щебнем (поверх северного отвала), От СВ пикета к Ю 55 см, к 3 20 см	3	<i>Bos taurus</i>	кость	6К	20-926	0,709631	0,000017
3	НТ	5Д, -456 (24), слабогумусированный грунт со щебнем, от ЮВ пикета к С 67 см, к 3 110 см	4	<i>Ovis aries</i>	кость	7к	20-927	0,709768	0,00001
4	НТ	5Д, -456 (24), слабогумусированный грунт со щебнем, от ЮВ пикета к С 67 см, к 3 110 см	4	<i>Ovis aries</i>	эмаль	7к	20-943	0,709806	0,00001
5	НТ	7В, -191 (46), темно-серый гумус с мелким щебнем, От ЮЗ пикета к С 120 см, к В 112 см	5	<i>Ovis aries</i>	эмаль	8К	20-928	0,7101	0,00001
6	НТ	7Д, -228 (23), темно-серый гумус со щебнем, от СВ пикета к Ю 87 см, к 3 143 см	6	<i>Ovis aries</i>	кость	9к	20-929	0,71006	0,00003
7	НТ	7Д, -214(21), темно-серый гумус со щебнем, от СВ пикета к Ю 178 см, к 3 121 см	7	<i>Bos taurus</i>	кость	11К КРС	20-930	0,709609	0,000014
8	НТ	7Д, -214(21), темно-серый гумус со щебнем, от СВ пикета к Ю 178 см, к 3 121 см	8	<i>Ovis aries</i>	кость	11к мрс	20-931	0,70972	0,000019
9	НТ	7Д, -228 (30), темно-серый гумус с мелким щебнем, от СЗ пикета к Ю 122 см, к В 191 см	9	<i>Bos taurus</i>	кость	12к крс	20-932	0,70969	0,00001
10	НТ	7Д, -228 (30), темно-серый гумус с мелким щебнем, от СЗ пикета к Ю 122 см, к В 191 см	20	<i>Ovis aries</i>	кость	12к мрс	20-942	0,709726	0,00001
11	НТ	7Г, -217 (33), темно-серый гумус со щебнем, от СВ пикета к Ю 48 см, к 3 120 см	10	<i>Bos taurus</i>	эмаль	15к	20-933	0,70959	0,00001
12	НТ	7В, -188 (43), темно-серый гумус с крупным щебнем, от ЮЗ пикета к С 105 см, к В 102 см	11	<i>Ovis aries</i>	эмаль	16к	20-934	0,70963	0,00001
13	НТ	3В, -90 (13), придерновый, от ЮЗ пикета к С 153 см, к В 192 см	12	<i>Equus caballus</i>	эмаль	17к	20-945	0,7096	0,00002
14	НТ	6Г, -225 (58), черный гумус с мелким щебнем, от СЗ пикета к Ю 118 см, к В 90 см	13	Ovicaprid	кость	19к	20-935	0,709818	0,00001
15	НТ	7В, -191 (56), темно-серый гумус с мелким щебнем, от ЮВ пикета к С 140 см, к 3 200 см	14	<i>Ovis aries</i>	эмаль	20к	20-936	0,709535	0,00002
16	НТ	6Д, -205, от СВ пикета 200 см к Ю, серо-коричневый грунт со щебнем (выкид из шахты)	15	<i>Bos taurus</i>	кость	27К	20-937	0,709726	0,00001
17	НТ	6Д, -205, от СВ пикета 200 см к Ю, серо-коричневый грунт со щебнем (выкид из шахты)	16	<i>Ovis aries</i>	кость	28К	20-938	0,709645	0,00002

18	НТ	6Д, -220 (25), на погребенной почве под слоем серо-коричневого крупнощебнистого грунта (выкида из шахты), от ЮВ пикета к С 210 см, к 3 25 см	17	<i>Bos taurus</i>	кость	29К	20-939	0,709642	0,00002
19	НТ	6Д, -201 (22), черный гумус, от СВ пикета к Ю 70 см, к 3 170 см	18	<i>Ovicaprid</i>	эмаль	31К	20-940	0,709687	0,00002
20	НТ	6Д, -200/-220 (20-25) просев вдоль северной бровки темно-серый гумус с мелким щебнем	19	<i>Ovicaprid</i>	кость	32К	20-941	0,709618	0,00001
21	ВЯ	3Г/4Г, -34/-54, черный гумус под желтым и белесым отвалом, западная половина бровки	1	<i>Ovis aries</i>	Эмаль	374В-93ч-1	21-2363	0,71031	0,000005
22	ВЯ	3Г/4Г, -34/-54, черный гумус под желтым и белесым отвалом, западная половина бровки	1	<i>Ovis aries</i>	Кость	374В-93ч-2	21-2364	0,71040	0,000005
23	ВЯ	4Г, -32 (136 см), коричневый слой под белесым отвалом, От С3 пикета к Ю 36 см, к В 98 см	2	<i>Bos taurus</i>	Эмаль	374В-114ч-1	21-2365	0,71010	0,000005
24	ВЯ	4Г, -32 (136 см), коричневый слой под белесым отвалом, От С3 пикета к Ю 36 см, к В 98 см	2	<i>Bos taurus</i>	Кость	374В-114ч-2	21-2366	0,71045	0,000004
25	ВЯ	4Г, -24 (80 см), Скопление 1. От ЮВ пикета к С 34 см, к 3 160 см, коричневый слой	3	<i>Bos taurus</i>	Эмаль	374В-116ч-1	21-2370	0,70985	0,000006
26	ВЯ	4Г, -24 (80 см), Скопление 1. От ЮВ пикета к С 34 см, к 3 160 см, коричневый слой	3	<i>Bos taurus</i>	Кость	374В-116ч-2	21-2371	0,71034	0,000006
27	ВЯ	4Г, -10(46 см), От ЮВ пикета к С 165 см, к 3 60 см (юг траншеи), черный гумус с вкраплениями желтой глины	4	<i>Bos taurus</i>	Эмаль	374В-119ч-1	21-2368	0,71024	0,000005
28	ВЯ	4Г, -10(46 см), От ЮВ пикета к С 165 см, к 3 60 см (юг траншеи), черный гумус с вкраплениями желтой глины	4	<i>Bos taurus</i>	Кость	374В-119ч-2	21-2369	0,71026	0,000005
29	ВЯ	3Г/4Г, +20/-35, древний отвал, западная половина бровки	5	<i>Equus caballus</i>	Эмаль	374В-793-1	21-2367	0,70972	0,000005
30	ВЯ	3Г/4Г, +20/-35, древний отвал, западная половина бровки	6	<i>Ovicaprid</i>	Эмаль	374В-793-4	21-2372	0,70967	0,000005
31	ВЯ	3В, -28 (60 см), черный гумус, от Ю3 пикета к С 107 см, к В 95 см	7	<i>Equus caballus</i>	Эмаль	374В-1013	21-2361	0,70989	0,000004
32	ВЯ	4Г, -39 (110 см), От СВ пикета к Ю 82 см, к 3 163 см. ВК-4, северный борт, черный гумус с вкраплениями желтой супеси	8	<i>Ovicaprid</i>	Эмаль	374В-1183	21-2362	0,70978	0,000006
33	ВЯ	3В, -71 (80 см), желтый песчаный грунт, от С3 пикета к Ю 32 см, к В 19 см	9	<i>Bos taurus</i>	Эмаль	374В-1343	21-2374	0,70991	0,000005
34	ВЯ	4В, +1 (34 см), черный гумус, От Ю3 пикета к С 120 см, к В 80 см	10	<i>Equus caballus</i>	Эмаль	374В-1453	21-2373	0,70978	0,000006
35	ВЯ	4Г, -45 (167 см), коричневый плотный грунт, От С3 пикета к Ю 230 см, к 3 15 см	11	<i>Bos taurus</i>	Эмаль	374В 1413	22-3644	0,71049	0,000006
36	ВЯ	3Г, -70 (80 см), желтый щебнистый грунт, от СВ пикета к Ю 65 см, к 3 85 см	12	<i>Equus caballus</i>	Эмаль	374В 1113	22-3645	0,70977	0,000007
37	ВЯ	3В, -66 (80 см), пол постройки 1, от Ю3 пикета к С 200 см, к В 140 см	13	<i>Ovis aries</i>	Эмаль	374В 153ч	22-3646	0,71018	0,000005
38	ВЯ	4Г, -26 (119 см), коричневый плотный суслинок, от С3 пикета к Ю 100 см, к В 125 см	14	<i>Ovis aries</i>	Эмаль	374В 106ч	22-3647	0,71019	0,000006

(0,00082) не превышает критерий $p < 0,001$, но близка к нему. При более пристальном рассмотрении совокупности этих значений при помощи диаграммы «Ствол и листья» мы наблюдаем неравномерное распределение и выделение двух групп значений с условной границей 0,710 (Ankusheva et al., 2024, fig. 9). По итогам проведенных статистических процедур можно заключить, что выборка рудника Воровская Яма характеризуется большей гетерогенностью в сравнении с таковой из материалов Новотемирского рудника, что с осторожностью позволяет предположить происхождение домашних копытных из различных регионов.

Как и в случае с Новотемирским рудником, для данной выборки не характерно наличие экстремальных для Южного Зауралья показателей $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, указывающих на происхождение вне пределов этого региона. Средние значения микрорайона рудника Воровская Яма с доверительным интервалом в 95% составляют $0,70923 \pm 0,00013$ для воды, $0,70956 \pm 0,00006$ для травы, $0,70910 \pm 0,00014$ для почвы, $0,70939 \pm 0,00009$ для раковин моллюсков; усредненное значение $0,70948 \pm 0,00005$. Значительный разброс как значений внутри фоновых выборок по различным типам, так и их средних, обусловлен расположением рудника на границе двух структурно-формационных зон Урала: Тагило-Магнитогорской и Восточно-Уральской. Диаграмма размаха демонстрирует незначительное пересечение значений археологической выборки с фоновыми по траве и раковинам моллюсков (рис. 3В), тогда как их средние с доверительным интервалом 95% не пересекаются вообще (рис. 3Г). Это говорит о том, что значительная часть животных этого рудника выпасалась за пределами его окрестностей. На карте Южного Зауралья повышенные значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ связаны с раннекаменноугольными и раннепермскими гранитными массивами, такими как Джабыкский, Великопетровский, Варшавский, Неплюевский, Суундукский, распространенными к востоку, юго-востоку и северо-востоку от рудника на расстоянии 20–100 км. В частности, идентичные медиане археологической выборки значения (0,71014) наблюдаются в окрестностях поселка Морозовка Брединского района в 50 км к юго-востоку от рудника Воровская Яма. Они обусловлены подстила-

ющими раннекаменноугольными гранитоидами Суундукского массива и обрамляющими его метаморфическими породами рифейского возраста.

В заключении этого блока стоит объяснить несовпадение значений археологической выборки по костям, предположительно искаженной диагенетическими преобразованиями, с фоновыми. В результате вскрышных работ на руднике древнее население вынесло на поверхность коренные породы, с которыми кости находились практически в непосредственном контакте, тогда как поверхностные значения биодоступного стронция сформировались в результате естественных процессов с участием различных факторов на поверхности земли. В связи с этим, говоря о регионах происхождения животных в обсуждении, мы будем ориентироваться на результаты анализа эмали.

Обсуждение результатов

Интерпретация результатов статистической обработки отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в костных остатках на двух древних рудниках Южного Зауралья заключается в следующих положениях.

В выборках обоих памятников отсутствуют экстремальные значения, не характерные для этого региона. Это указывает на отработку медных месторождений преимущественно местным населением с известными в Южном Зауралье культурными стереотипами. Это заключение особенно важно для Новотемирского рудника, где из трех периодов эксплуатации в бронзовом веке, выделенных на основе радиоуглеродного датирования, культурно атрибутирован только один – алакульский. Свидетельств дальнедистанционных связей, по крайней мере тех, в которые был вовлечен скот, пока не обнаружено.

В то же время модели формирования стада горняков на двух рудниках, по всей видимости, отличались друг от друга (рис. 4). Происхождение большинства особей рудника Воровская Яма связано с более отдаленными территориями. Мы не абсолютизируем этот вывод, учитывая непростой для интерпретации участок фоновой интерполированной карты окрестностей этого рудника. Тем не менее, статистическое несовпадение значений фоновой и археологической выборок заставляет нас искать возможные контакты алакульских горняков вдали от рудника. Несколько

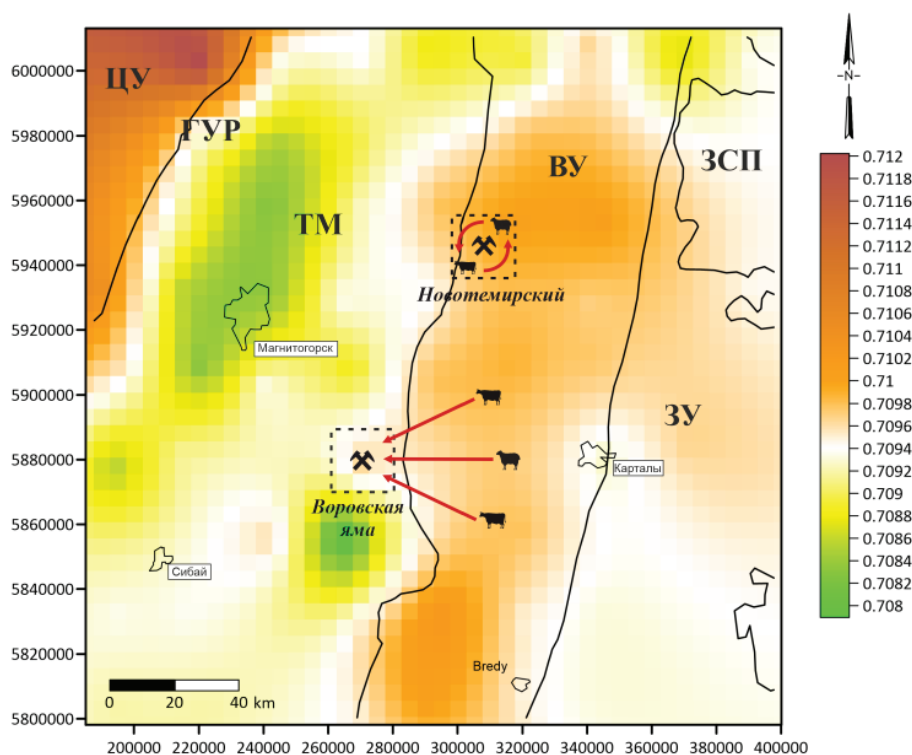


Рис. 4. Карта интерполированных значений биодоступного стронция Южного Зауралья и возможные регионы выпаса скота с рудников Новотемирский и Воровская Яма. ЦУ – Центрально-Уральская мегазона, ГУР – Главный Уральский разлом, ТМ – Тагил-Магнитогорская мегазона; ВУ – Восточно-Уральская мегазона; ЗУ – Зауральская мегазона, ЗСП – Западно-Сибирская платформа.

Fig. 4. Map of interpolated values of bioavailable strontium in the Southern Trans-Urals and possible regions of live-stock grazing from the Novotemirsky and Vorovskaya Yama mines. ЦУ – Central Ural megazone, ГУР – Main Ural Fault, ТМ – Tagil-Magnitogorsk megazone; ВУ – East Ural megazone; ЗУ – Trans-Ural megazone, ЗСП – West Siberian Platform.

поселений эпохи поздней бронзы известны в бассейнах рек Караталы-Аят, Бахта, Ольховка, Мандесарка, то есть по всей обсуждаемой зоне сходного Sr-сигнала. Хотя привязать группу импортных животных к конкретным населенным пунктам пока невозможно, можно предположить, что пути обмена могли простираться на северо-восток, восток и юго-восток от рудника до 100 км. На данном этапе также не удастся определить, какая из следующих гипотез более вероятна: либо неместные группы горняков привозили с собой свой скот во время походов за рудой, либо животные из отдаленных населенных пунктов поставлялись местным горнякам-металлургам в обмен на руду и/или металлургическую продукцию. Косвенным аргументом в пользу второй гипотезы являются находки металлургических шлаков сходного химизма на близлежащих поселениях долины реки Зингейка (Анкушев и др., 2016), указывающие на происходящие здесь процессы выплавки металла из руды.

Напротив, все животные, остатки которых обнаружены на Новотемирском руднике, вероятно, выпасались в радиусе 10–15 км от него. Модель поставок мясных продуктов из окрестных территорий бытовала здесь как в алакульский период отработки месторождения, так и в эпоху финальной бронзы. Хотя это заключение носит гипотетический характер ввиду маленькой выборки, оно важно в качестве отправной точки для дальнейших работ по реконструкции организации добычи медной руды во 2-ой половине II тыс. до н.э. в Южном Зауралье. Сам факт горной деятельности в это период был подтвержден сравнительно недавно благодаря серии радиоуглеродных датировок на Новотемирском и Новониколаевском рудниках (Ankusheva et al., 2022).

Объяснение зафиксированных различий, лежащее на поверхности – разная ландшафтная ситуация двух месторождений. Новотемирский рудник расположен в 300 м от реки,

проблема снабжения водой здесь отсутствовала. Ближайшие известные поселения бронзового века, связь с которыми еще только предстоит доказать, расположены в пешей доступности от него на расстоянии 2–10 км. По всей видимости, здесь даже не потребовалось сооружение стационарных построек, на что указывает слабая насыщенность культурного слоя вскрытых участков памятника.

Локализация поселения горняков на месторождении Воровская Яма отличается от обычных алакульских памятников. Последние, как правило, концентрируются по берегам рек и озер. Это, очевидно, определялось не только потребностями быта, но и необходимостью ежедневно поить домашних животных. Расположение этого рудника в ландшафте (значительная глубина залегания грунтовых вод в сочетании с удаленностью от источников воды) ставило задачу снабжения водой работающих на нем людей, тогда как выпас скота в этих условиях приходилось осуществлять на значительном расстоянии от рудника. В то же время могли быть и другие факторы, повлиявшие на выбор механизмов снабжения мясом и модель организации горного дела в целом: различные геологические характеристики месторождений, влияющие на трудозатраты и «рентабельность» их отработки, контроль источников сырья различными культурными группами и т.д. Имеет место и оговорка про ограниченность вскрытых раскопками площадей на обоих рудниках.

Рассматривая мультидисциплинарные исследования рудников бронзового века на сопредельных территориях, мы пока не находим прямых аналогий среди моделей горнодобывающего производства. Скромные масштабы свидетельств металлургии вблизи единичного карьера Воровской Ямы, даже с учетом тезиса о неместном характере стада, контрастируют с материалами специализированного поселка срубных металлургов Горный I на Каргалинском рудном поле (Черных и др., 2002). Экстраполяция пастушеской модели металлопроизводства на Южное Зауралье, предлагаемой для Мугоджаского региона (Ткачев, 2017), пока также затруднительна ввиду а) отсутствия единых критериев сравнения в виде раскопок площадей непосредственно вблизи выработок; б) дискуссии по оценке степени мобильности скотоводов позднего бронзового века Южного

Зауралья и наличия контраргументов к тезису об их сезонных перемещениях с амплитудой 40–80 км (Stobbe, 2016; Rassadnikov, 2017, 2022; Шарапов, Плаксина, 2023). Если делать акцент на изотопных данных, то у Новотемирского рудника прослеживаются параллели с комплексом Михайло-Овсянка, который разрабатывали жители окрестных срубных поселений, они же в основном потребляли руду, а какая-то часть продукции шла на экспорт в обмен на скот (Shishlina et al, 2020). Однако доказано, что разработка Михайло-Овсянки велась в теплое время года, тогда как мы пока не можем исключить круглогодичные работы на рудниках Южного Зауралья в связи с неоднозначными результатами по определению сезона забоя скота (Анкушева и др., 2021; Ankusheva et al., 2024).

Заключение

Сравнительная характеристика отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в костных остатках домашних копытных из материалов двух рудников бронзового века позволила выдвинуть следующие гипотезы насчет снабжения горняков мясными продуктами и организации работ по добыче меди:

- регионы выпаса скота на рудниках Новотемирский и Воровская Яма связаны с территорией Южного Зауралья;
- предполагается различие моделей организации горного дела на этих объектах;
- в работах на Новотемирском руднике в алакульский период и эпоху финала могло быть задействовано население окрестных поселков долины реки Темир-Зингейка;
- стадо алакульских горняков рудника Воровская Яма формировалось из нескольких источников преимущественно с более удаленных территорий, вплоть до 100 км к востоку от выработки. Для работы на этом месторождении требовалось сооружение построек, организация снабжения водой, возможно, формирование специализированного коллектива рабочих, находившихся здесь длительное время.

Перспективы проверки этих тезисов лежат в уточнении организационной структуры прилегающей к выработкам территории, а также в поиске свидетельств контактов с поселенческими памятниками бронзового века Южного Зауралья при помощи комплексных минералого-геохимических и изотопных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Анкушев М.Н., Алаева И.П., Медведева П.С., Чечушков И.В., Шарапов Д.В. Минеральные микро-включения в металлургических шлаках поселений бронзового века в долине р. Зингейка (Южный Урал) // Геоархеология и археологическая минералогия – 2016 / Отв. ред. В. В. Зайков. Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 2016. С. 116–120.

Анкушева П.С., Киселева Д.В., Бачура О.П., Алаева И.П., Анкушев М.Н., Окунева Т.Г. Труд и питание горняков бронзового века Южного Зауралья (по данным изотопного состава стронция в остеологических остатках рудника Новотемирский) // *Stratum Plus*. 2021. № 2. С. 69–83. doi:10.55086/sp2126984

Антипина Е.Е. "Под знаком комолой коровы..." – возвращаясь к остеологической коллекции поселения Горный // *Археология Евразийских степей*. 2022. № 2. С. 40–52. doi: 10.24852/2587-6112.2022.2.40.52

Епимахов А.В., Чечушков И.В., Киселева Д.В., Анкушев М.Н., Анкушева П.С. Картирование биодоступного $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в Южном Зауралье // *Литосфера*. 2023. Т. 23. № 6. С. 1079–1094. doi:10.24930/1681-9004-2023-23-6-1079-1094

Каргалы. Том III. Селище Горный: Археологические материалы; Технология горно-металлургического производства; Археобиологические исследования / Отв. ред., сост. Е.Н. Черных. М: Языки славянской культуры, 2004. 320 с.

Киселева Д.В., Анкушева П.С., Анкушев М.Н., Окунева Т.Г., Шагалов Е.С., Касьянова А.В. Определение фоновых изотопных отношений биодоступного стронция для рудника бронзового века Новотемирский // *КСИА*. 2021. Вып. 263. С. 176–187.

Козлов В.И., Макушин А.А., Шалагинов В.В. Геологическая карта Российской Федерации и сопредельной территории Республики Казахстан. М-б 1:1 000 000. Карта дочетвертичных образований. Лист N-40, (41). 2001. Уфа: ООО "Башкиргеология".

Ткачев В.В. Формирование культурного ландшафта Уральско-Мугоджарского региона в позднем бронзовом веке: освоение меднорудных ресурсов и стратегия адаптации к условиям горно-степной экосистемы // *Stratum plus*. 2017. № 2. С. 220–223.

Ткачев В.В., Косинцев П.А., Бачура О.П., Байтлеу Д.А. Модель скотоводческого хозяйства населения позднего бронзового века с горно-металлургической производственной специализацией в Южных Мугоджарах (Западный Казахстан) // *УАВ*. 2023. № 2 (23). С. 377–395. doi:10.31833/uav/2023.23.2.014

Черных Е.Н. Древнейшее горно-металлургическое производство на границе Европы и Азии: Каргалинский центр // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2002. № 3 (11). С. 88–106.

Шарапов Д. В., Плаксина А. Л. Пастбищная продуктивность долины р. Карагайлы-аят как индикатор оседлости/мобильности обществ синташтинско-петровского периода // *Древние и традиционные культуры во взаимодействии со средой обитания: проблемы исторической реконструкции* / Отв. ред. Е. В. Куприянова. Челябинск: ЧелГУ, 2023. С. 88–99.

Шишлина Н.И., Рослякова Н.В., Бачура О.П., Киселева Д.В., Кузнецова О.В. Пастухи и металлургия бронзового века: анализ изотопных данных и реконструкция сезонных перемещений // *Уральский исторический вестник*. 2020. №4 (69). С. 15–24. doi: 10.30759/1728-9718-2020-4(69)-15-23

Alaeva I.P., Molchanov I.V., Fomichev A.V., Ankushev M.N., Ankusheva P.S. The Chaîne Operatoire of Bronze Age mining: tools from the Novotemirsky copper mine (Southern Trans-Urals) // *Theory and practice of archaeological research*. 2021. No. 33 (3). Pp. 89–115. doi:10.14258/tpai(2021)33(3).-06

Ankusheva P.S., Zazovskaya E.P., Yuminov A.M., Ankushev M.N., Alaeva I.P., Epimakhov A.V. Radiocarbon Chronology of Bronze Age Mines in the Southern Trans-Urals: First Results // *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2022. No. 14: 218. doi:10.1007/s12520-022-01681-5

Ankusheva P.S., Rassadnikov A.Yu., Ankushev M.N., Bachura O.P., Chechushkov I.V., Kiseleva D.V., Zazovskaya E.P., Epimakhov A.V. Meat supply of Alakul miners at the Bronze Age Vorovskaya Yama copper mine (southern Trans-Urals) // *Environmental archaeology*. 2024. doi:10.1080/14614103.2024.2321419

Chechushkov I., Epimakhov A., Ankushev M., Ankusheva P., Kiseleva D. Interpolated data on bioavailable strontium in the southern Trans-Urals // *Zenodo*. 2023. doi:10.5281/zenodo.7370066

Patterson C., Ericson J. Natural skeletal levels of lead in Homo sapiens sapiens uncontaminated by technological lead // *Science of The Total Environment*. 1991. No. 107: 205–236. doi:10.1016/0048-9697(91)90260-1

Rassadnikov A. Yu. Ethnozoology for Archaeology: Results of the Study of the Modern Livestock Breeding System in the Steppe Zone of the Southern Urals // Theory and Practice of Archaeological Research. 2022. No. 34(3): 112–130. doi:10.14258/tpai(2022)34(3).-07

Shishlina, N., Roslyakova N., Kolev Yu., Bachura O.P., Kuznetsova O.V., Kiseleva D., Retivov V. M., Tereschenko E. Animals, metal and isotopes: Mikhailo-Ovsyanka I, the Late Bronze Age mining site of the steppe Volga region // Archaeological Research in Asia. 2020. 24:100229. doi:10.1016/j.ara.2020.100229

Somerville A.D., Beasley M.M. Exploring Human Behavior Through Isotopic Analyses: Tools, Scales, and Questions // Exploring Human Behavior Through Isotope Analysis. Applications in Archaeological Research. 2023. Cham: Springer Nature Switzerland AG. Pp. 39–32. doi:10.1007/978-3-031-32268-6_2

Stobbe A., Gumnior M., Ruhl L., Schneider H. Bronze Age Human-Landscape Interactions in the Southern Transural Steppe, Russia – Evidence from High-Resolution Palaeobotanical Studies. The Holocene. 2016; 26(10):1692–1710. doi:10.1177/0959683616641740.

Информация об авторах:

Анкушева Полина Сергеевна, кандидат исторических наук, младший научный сотрудник, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН (г. Миасс, Россия); polenke@yandex.ru

Епимахов Андрей Владимирович, доктор исторических наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск, Россия); epimakhovav@susu.ru

REFERENCES

Ankushev, M. N., Alaeva, I. P., Medvedeva, P. S., Chechushkov, I. V., Sharapov, D. V. 2016. In Zaikov, V. V. (ed.). *Geoarkheologiya i arkheologicheskaya mineralogiya –2016 (Geoarchaeology and Archaeological mineralogy - 2016)*. Miass: Institute of Mineralogy. Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 116–120 (in Russian).

Ankusheva, P. S., Kiseleva, D. V., Bachura, O. P., Alaeva, I. P., Ankushev, M. N., Okuneva, T. G. 2021. In *Stratum Plus* (2), 69–83 (in Russian).

Antipina, E. E. 2022. In *Arkheologiya Evraziiskikh stepei (Archaeology of Eurasian Steppes)* 2, 40–52 (in Russian).

Epimakhov, A. V., Chechushkov, I. V., Kiseleva, D. V., Ankushev, M. N., Ankusheva, P. S. 2023. In *Litosfera (Lithosphere)* 23 (6), 1079–1094 (in Russian).

Chernykh, E. N. (ed.). 2004. *Kargaly (Kargaly)* III. Moscow: “Yazyki slavianskoi kul'tury” Publ. (in Russian).

Kiseleva, D. V., Ankusheva, P. S., Ankushev M.N., Okuneva T.G., Shagalov Ye.S., Kas'yanova A.V. 2021. In *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii (Brief Communications of the Institute of Archaeology)* 263, 176–187 (in Russian).

Kozlov, V. I., Makushin, A. A., Shalaginov, V. V. 2001. *Geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii i sopredel'noy territorii Respubliki Kazakhstan. M-b 1:1 000 000. Karta dochetvertichnykh obrazovaniy. List N-40, (41) (Geological map of the Russian Federation and adjacent territory of the Republic of Kazakhstan. Scale 1:1,000,000. Map of pre-Quaternary formations. Sheet N-40, (41))*. Ufa: LLC “Bashkirgeologia”. (in Russian).

Tkachev, V. V. 2017. In *Stratum plus* (2), 220–223 (in Russian).

Tkachev, V. V., Kosintsev, P. A., Bachura, O. P., Baytleu, D. A. 2023. In *Ufimskii arkheologicheskii vestnik (Ufa Archaeological Herald)* 23 (2), 377–395. DOI: 10.31833/uav/2023.23.2.014 (in Russian).

Chernykh, E. N. 2002. In *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii (Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia)* 11 (3), 88–106 (in Russian).

Sharapov, D. V., Plaksina, A. L. 2023. In Kupriyanova, E. V. (ed.) *Drevnie i traditsionnye kul'tury vo vzaimodeystvii so sredoy obitaniya: problemy istoricheskoy rekonstruktsii (Ancient and traditional cultures in relation ship with their surroundings: issues of historical reconstruction)*. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University, 88–99 (in Russian).

Shishlina, N. I., Roslyakova, N. V., Bachura, O. P., Kiseleva, D. V., Kuznetsova, O. V. 2020. In *Ural'skii istoricheskii vestnik (Ural Historical Bulletin)* 69 (4), 15–24. DOI: 10.30759/1728-9718-2020-4(69)-15-23 (in Russian).

Alaeva, I. P., Molchanov, I. V., Fomichev, A. V., Ankushev, M. N., Ankusheva, P. S. 2021. In *Theory and practice of archaeological research* 33 (3), 89–115 DOI: 10.14258/tpai(2021)33(3).-06.

Ankusheva, P. S., Zazovskaya, E. P., Yuminov, A. M., Ankushev, M. N., Alaeva, I. P., Epimakhov, A. V. 2022. In *Archaeological and Anthropological Sciences* 14: 218. DOI:10.1007/s12520-022-01681-5

Ankusheva P.S., Rassadnikov A.Yu., Ankushev M.N., Bachura O.P., Chechushkov I.V., Kiseleva D.V., Zazovskaya E.P., Epimakhov A.V. 2024. In *Environmental archaeology*. doi:10.1080/14614103.2024.2321419

Chechushkov, I., Epimakhov, A., Ankushev, M., Ankusheva, P., Kiseleva, D. 2023. In *Zenodo*. doi:10.5281/zenodo.7370066

Patterson, C., Ericson, J. 1991. In *Science of The Total Environment* 107, 205–236. doi:10.1016/0048-9697(91)90260-1

Rassadnikov, A. Yu. 2022. In *Theory and Practice of Archaeological Research* 34(3), 112–130. DOI: 10.14258/tpai(2022)34(3).-07

Shishlina, N., Roslyakova, N., Kolev, Yu., Bachura, O. P., Kuznetsova, O. V., Kiseleva, D., Retivov, V. M., Tereschenko, E.. 2020. In *Archaeological Research in Asia* 24:100229. DOI: 10.1016/j.ara.2020.100229

Somerville, A. D., Beasley, M. M. 2023. In *Exploring Human Behavior Through Isotope Analysis. Applications in Archaeological Research*. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 39–32. DOI:10.1007/978-3-031-32268-6_2

Stobbe, A., Gumnior, M., Ruhl, L., Schneider, H. 2016. In *The Holocene* 26 (10), 1692–1710. DOI:10.1177/0959683616641740.

About the Authors:

Ankusheva Polina S. Candidate of Historical Sciences, South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Territory of the Ilmensky reserve, Miass, Chelyabinsk region 456317, Russian Federation; polenke@yandex.ru

Epimakhov Andrey V. Doctor of Historical Sciences, South Ural State University, Lenina Pr., 76, 454080, Chelyabinsk, Russian Federation; epimakhovav@susu.ru



Статья поступила в журнал 01.12.2024 г.
Статья принята к публикации 01.02.2025 г.
Авторы внесли равноценный вклад в работу