

**А.В. Епимахов¹✉, М.Н. Анкушев², П.С. Анкушева^{2, 3},
Н.Б. Виноградов³, Д.В. Киселева⁴, И.В. Чечушков⁵**

¹Южно-Уральский государственный университет
Челябинск, Россия

²Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН
Миасс, Россия

³Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический
университет Челябинск, Россия

⁴Институт геологии и геохимии УрО РАН
Екатеринбург, Россия

⁵Институт истории и археологии УрО РАН
Екатеринбург, Россия
E-mail: epimakhovav@susu.ru

Возможности диагностирования индивидуальной мобильности методами $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ изотопии (по материалам могильника бронзового века Кривое Озеро в Южном Зауралье)

Статья представляет результаты изотопного анализа костных останков из уникального погребения металлурга бронзового века синташтинской культуры (конец III – начало II тыс. до н.э.). Индивидуальное захоронение мужчины (50–55 лет) было обнаружено в могильнике Кривое Озеро в Южном Зауралье. Оно содержало не только жертвоприношения животных и погребальные артефакты, но и атрибуты металлургической специализации. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -анализом эмали зубов ($n = 9$) и костей ($n = 3$) охвачены девять погребенных могильника. Серия надежно разделилась на две группы, одна из которых (шесть индивидов) связана по происхождению с местом захоронения. Влияние диагенетических процессов на состав костей не прослеживается. Вторая группа (три человека, включая «металлурга») имеет $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -сигнал, не совпадающий с местным. Сигнал костной ткани (ребро) резко отличается от эмали второго моляра этого индивида, следовательно, детство (2–7 лет) мужчины прошло в регионе с иным геологическим строением. Для определения зоны происхождения была использована ранее созданная карта интерполированных значений биодоступного стронция Южного Зауралья. Сопоставление с картой фоновых $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -значений указывает вероятное направление поиска зоны происхождения индивида. Наиболее близкие средние показатели ассоциируются с Тагило-Магнитогорской мегазоной в 100–120 км к юго-западу от могильника. Несмотря на небольшие размеры выборки, можно предполагать, что до трети индивидов не связаны по происхождению с территорией местонахождения могильника. По этой же причине можно констатировать, что практики локальной мобильности оказывали большое влияние на состав коллективов.

Ключевые слова: Зауралье, бронзовый век, мобильность, анализ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

**A.V. Epimakhov¹✉, M.N. Ankushev², P.S. Ankusheva^{2, 3},
N.B. Vinogradov³, D.V. Kiseleva⁴, I.V. Chechushkov⁵**

¹ South Ural State University
Chelyabinsk, Russia

² South Ural Federal Scientific Center for Mineralogy and Geoecology UB RAS
Miass, Russia

³ South Ural State University of Humanities and Pedagogic
Chelyabinsk, Russia

⁴ Institute of Geology and Geochemistry UB RAS
Yekaterinburg, Russia

⁵ Institute of History and Archaeology UB RAS
Yekaterinburg, Russia

E-mail: epimakhovav@susu.ru

Diagnosing Individual Mobility by the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotope Methods (Evidence from the Krivoie Ozero Burial Ground of the Bronze Age in the Southern Transurals)

This article describes isotope analysis of bone remains from a unique burial of a Bronze Age metallurgist of the Sintashta culture (late third – early second millennium BC). An individual burial of a male 50–55 years of age was discovered at the Krivoie Ozero burial ground in the Southern Transurals. It contained not only animal sacrifices and funerary artifacts, but also attributes of metallurgical specialization. The $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analysis of tooth enamel ($n = 9$) and bone ($n = 3$) involved nine buried persons. This series was reliably divided into two groups, one of which (six individuals) was related by origin to the area of the burial site. The impact of diagenetic processes on the composition of bones was not detected. The second group (three individuals including the “metallurgist”) had an $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ signal which did not coincide with the local signal. The signal of bone (rib) markedly differed from the enamel of this individual’s second molar. Therefore, this male spent his childhood (2–7 years of age) in a region with different geological structure. A previously created map of interpolated values of bioavailable strontium in the Southern Transurals was used to determine the zone of his origin. Comparison with the map of the background $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values indicated the direction for searching for the zone of origin of the individual. The closest average values were associated with the Tagil-Magnitogorsk megazone 100–120 km southwest of the burial ground. Despite the small sample size, it can be assumed that up to a third of individuals were not related by origin to the territory where the burial ground was located. Thus, it can be stated that local mobility practices had a great influence on the composition of local societies.

Keywords: Transurals, Bronze Age, mobility diagnostics, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analysis.

Введение

Изучение мобильности вошло в репертуар археологических исследований во многом благодаря поэтапному внедрению методов геохимии. Несмотря на некоторые разногласия в оценке разрешающей способности этих методов, постепенно сформировался круг возможных направлений и тем. При этом большинство российских примеров является локальными исследованиями, оценивающими местный/неместный характер биологических организмов по соотношению изотопов стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) без создания фоновых карт. Часть специалистов в целом скептически оценивает необходимость построения таких карт, предлагая ограничиться кейсами [Somerville, Beasley, 2023]. Наш пример призван продемонстрировать, что наличие карт повышает информативность выводов и надежность реконструкций даже в случае анализа сравнительно небольшой выборки археобиологических измерений. В данной работе задействованы материалы могильника бронзового века Кривое Озеро, включающего 41 синташтинский и 15 петровских комплексов (конец III – начало II тыс. до н.э.) [Виноградов, 2003], в составе которых выявлен редкий пример индивида с атрибутами металлургической специализации.

Сведения о памятнике и комплексе

Курганы бронзового века могильника Кривое Озеро исследованы в 1980-е гг. под руководством Н.Б. Виноградова, изучившего четыре многомогильные насыпи. Памятник расположен в Троицком р-не Челябинской обл., на правом берегу р. Уй (Тобольский бассейн), которая считается условной границей современных степи и лесостепи. Индивидуальное погребение взрослого мужчины (50–55 лет) с атри-

бутами металлургической специализации выявлено в мог. яме 3 кург. 10. На дне глубокой могильной ямы был обнаружен индивид в положении скорченно на левом боку, ориентированный головой в северный сектор. Покойный сопровождался многочисленными жертвоприношениями домашних животных (КРС и МРС) и большим спектром находок (керамические сосуды, костяной диск, раковина, нож-кинжал, шило, фрагменты браслетов, деревянный предмет с металлическими скрепками, руда, шлак и др.) Керамический комплекс интерпретируется как синташтинский с некоторыми петровско-раннесрубными чертами [Виноградов, 2003, с. 132–140, 351–353; Виноградов и др., 2017, с. 10, 212–231]. Краниологические характеристики данного индивида отличаются от остальной выборки кургана общей матуризованностью, долихокранией, высокой черепной коробкой, крупным лицевым скелетом, преобразованным, вероятно, в результате гормональных нарушений. На основании изучения маркеров патологического характера (таких как мастоидиты, мозговые инфекции, а также заболевания зубочелюстного аппарата) было высказано предположение, что происхождение мужчины было связано с другой климатической зоной [Рыкушина, 2003, с. 360; Китов, Хохлов, Медведева, 2018, с. 234–235].

Поскольку геология микрорайона определяет состав $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ изотопов фоновых и археологических образцов, остановимся на ней подробнее. Территория могильника приурочена к гранитоидам Чернореченского массива раннекаменноугольного Пластовского тоналит-плагиогранитового комплекса. К западу от могильника наблюдается чередование кристаллических сланцев с прослоями кварцитов раннепротерозойской еремкинской толщи, сланцев ордовикской московской толщи, известняков, сланцев и песчаников раннекаменноугольной биргильдинской толщи. Далее на запад

обнажаются интрузивы раннепермских Степнинского монцодиорит-граносиенит-гранитового и Джабыкско-санарского гранит-лейкогранитового комплексов. Территория к востоку от памятника сложена вулканитами девон-каменноугольной березняковской толщи [Пужаков и др., 2018]. В плане крупных геологических структур территория могильника относится к Восточно-Уральской мегазоне, которая представляет собой коллаж микроконтинентальных блоков, расчлененных офиолитовыми и островодужными формациями. Сложное геологическое строение зоны включает в себя ордовикские ультрабазитовые комплексы, гранитные интрузивы каменноугольного и пермского возраста, палеозойские вулканогенно-осадочные толщи, ордовикские метаморфические комплексы. [Пучков, 2000].

Результаты изотопного анализа

В рамках анализа $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ изотопов было изучено 12 образцов эмали и костной ткани девяти индивидов (см. таблицу). Работы проведены в блоке чистых помещений (классы 6 и 7 ИСО, ИГГ УрО РАН, ЦКП «Геоаналитик», г. Екатеринбург). Все комплексы относятся к синташтинской культуре за исключением петровского погребения из кург. 1 (№ 22-1951).

Поскольку серия достаточно мала, ограничимся некоторыми общими наблюдениями: медиана выборки – 0,709583; среднее выборки – 0,709328, среднеквадратическое отклонение – 0,000649. Эти данные позволяют с 95 % вероятностью предположить, что среднее значение всей популяции может лежать в до-

статочно широком интервале от 0.708916 до 0.709741 ($\bar{x} = 0,709328 \pm 0,000412,95\%$ ДИ). В свою очередь, данное наблюдение может говорить о наличии гетерогенности в количестве накопленного в тканях биодоступного стронция. Для трех индивидов мы располагаем парой измерений (эмаль и кость). Анализ всех костей дал очень близкие значения. Результаты исследования эмали отчетливо распадаются на две группы (см. рисунок), что согласуется с наблюдением о наличии вариативности. Индивид из интересующего нас комплекса снабжен двумя резко различными измерениями. Такое расхождение может быть обусловлено как разницей в месте рождения и упокоения, так и влиянием диагенетических процессов на соотношение изотопов в костной ткани.

Для данной территории мы располагаем картой фоновых значений, построенной методом интерполяции по результатам анализа разнотипных образцов (вода, раковины моллюсков, растительность (польнь обыкновенная) и почва) [Епимахов и др., 2023]. Эта работа позволила выделить в Зауралье зоны повышенных и пониженных значений соотношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, которые в целом совпали с крупными геологическими структурами, для каждой из которых были рассчитаны усредненные значения.

Обсуждение результатов

Неоднородность археобиологической серии (в первую очередь анализов зубной эмали) отчетливо иллюстрирует гетерогенность выборки (см. рисунок), хотя

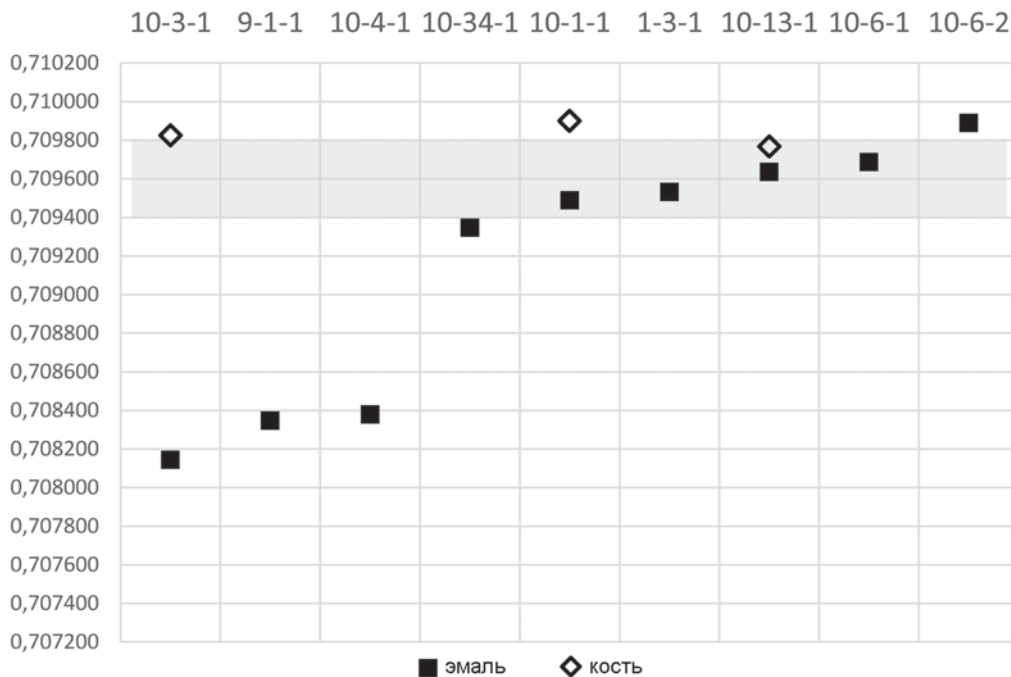


График соотношения изотопов стронция в эмали зубов и костях индивидов, захороненных в могильнике Кривое Озеро. Заливкой выделен интервал усредненных фоновых значений биодоступного стронция Восточно-Уральской геологической мегазоны.

материалы близки хронологически [Епимахов, 2020; Krause et al., 2019] и культурно. В оценке искажающего влияния диагенеза (для образцов костей) мы исходим из версии его незначительного воздействия. Аргументом в пользу такого вывода является минимальная вариативность большинства значений *независимо* от типа образца. Иными словами, шесть покойных входят в основную группу (результаты анализа эмали и костей не различаются), а происхождение остальных трех, видимо, связано с иной геологической зоной. Более того, по поводу интересующего нас индивида (10-3-1) можно утверждать, что его место упокоения совпадает с последним периодом жизни, т.к. результат анализа фрагмента ребра (0,709824) попадает в основную группу значений. При этом $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -сигнал, полученный по второму моляру, указывает, что детство (2–7 лет) индивид провел в иных местах [Knipper, 2017, p. 86–88]. Для двух других скелетов (9-1-1 и 10-4-1) кости пока не были проанализированы.

Утверждение о местном происхождении большинства покойных в нашем случае может быть подкреплено сопоставлением с картой фоновых значений. Территория Восточно-Уральской геологической мегазоны характеризуется довольно высокими для Зауралья усредненными значениями биодоступного стронция 0.7096 ± 0.002 (95 % ДИ) [Епимахов и др., 2023]. Этот показатель статистически неразличим с данными по основной группе (от 0,709347 до 0,709899). Фоновое интерполированное значение в зоне расположения могильника Кривое Озеро – 0,709595, что чрезвычайно близко к медиане нашей выборки. Это свидетельствует о том, что в выборке центральная тенденция стремится соответствовать местным значениям биодоступного стронция. Среднее же значение по выборке занижено по сравнению с местными, что связано с влиянием группы выпадающих значений (0,708144–0,708379). Все это позволяет предполагать два обстоятельства: во-первых, часть индивидов ($n = 6$) из исследованной группы демонстрирует изотопный сигнал, сходный с местным, а, во-вторых, гетерогенность выборки обеспечена наличием индивидов ($n = 3$), чья изотопная подпись по образцам эмали существенно отличается от местных значений.

Проведенное ранее зонирование Южного Зауралья по $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ позволяет очертить зону поисков исходной территории для индивида с атрибутами металлургии. Наиболее близко расположенной к памятнику частью региона с подобными фоновыми значениями является Тагило-Магнитогорская мегазона, подстилающие породы которой представлены девон-каменноугольными вулканитами (базальты, андезиты, вулканогенно-осадочные толщи), терригенными породами и известняками. Значит, мы имеем дело с перемещением индивида с запада на восток. Усредненные фоновые значения для Тагило-Магнитогорской зоны составляют 0.7091 ± 0.003 (95 % ДИ), локально понижаясь до 0,7085 [Епимахов и др., 2023]. Последнее наблюдение вносит некоторое уточнение в определе-

ние направления перемещения, поскольку речь идет об участке примерно в 100–120 км к юго-западу от места обнаружения захоронения. Следует помнить, что это минимальная оценка в рамках площади созданной карты фоновых значений. Корректировка данного заключения может быть проведена при расширении зоны обследования либо за счет привлечения других материалов, пригодных для диагностирования передвижений, в частности, при определении источников фрагмента руды, металлургических шлаков и металлических изделий из погребения.

Заключение

Приведенные данные позволяют сделать ряд выводов. Анализ соотношения изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ подтвердил результативность методики в разграничении индивидов разного происхождения. Небольшая выборка заставляет проявлять осторожность в оценке соотношения групп, но в нашем случае треть индивидов, погребенных в одних и тех же курганах и неразличимых по облику обрядности, прибыла извне. Если гетерогенность, диагностированная методами палео-ДНК, могла и, видимо, передавалась из поколения в поколение, то изотопный анализ позволяет реконструировать более краткосрочные процессы.

В нашем случае одним из пришедших извне оказался старый мужчина с ярко выраженными особенностями здоровья, посмертно снабженный атрибутами первичного металлургического процесса – фрагментом руды и металлургическими шлаками. Последние встречаются гораздо реже, чем следы металлообработки [Епимахов, Berseneva, 2016]. Происхождение мигрирующей группы связано с иной геологической зоной, расположенной не менее чем в 100 км к юго-западу от могильника. Верификация заключений стала возможна только благодаря использованию серий археобиологических и современных образцов, а также построению карты фоновых значений для территории Южного Зауралья, послужившей основным «инструментом» в определении направления прижизненных передвижений индивидов.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-18-00402П «Миграции человеческих коллективов и индивидуальная мобильность в рамках мультидисциплинарного анализа археологической информации (бронзовый век Южного Урала)».

Список литературы

- Виноградов Н.Б. Могильник бронзового века Кривое Озеро в Южном Зауралье. – Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 2003. – 362 с.
- Виноградов Н.Б., Дегтярева А.Д., Кузьминых С.В., Медведева П.С. Образы эпохи. Могильник бронзового

века Кривое Озеро в Южном Зауралье. – Челябинск: АБРИС, 2017. – 400 с.

Епимахов А.В. Радиоуглеродные аргументы абашевского происхождения синташтинских традиций бронзового века // Уральский исторический вестн. – 2020. – № 4 (69). – С. 55–64.

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. – № 6 (в печати).

Китов Е.П., Хохлов А.А., Медведева П.С. Данные палеоантропологии как источник для реконструкции процесса сложения и социальной стратификации общества (по материалам синташтинских и потаповских памятников бронзового века) // *Stratum Plus*. – 2018. – № 2. – С. 225–243.

Пужаков Б.А., Шох В.Д., Щулькина Н.Е., Щулькин Е.П., Тарелкина Е.А., Долгова О.Я. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Изд. второе. Сер. Южно-Уральская. Лист N-41-XIII (Пласт). Объяснительная записка. – М.: ВСЕГЕИ, 2018. – 205 с.

Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. – Уфа: Даурия, 2000. – 146 с.

Рыкушина Г.В. Антропологическая характеристика населения эпохи бронзы Южного Урала по материалам могильника Кривое Озеро // Виноградов Н.Б. Могильник бронзового века Кривое Озеро в Южном Зауралье. – Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 2003. – С. 345–359.

Epimakhov A.V., Berseneva N.A. Metal-production, mortuary ritual, and social identity: the evidence of Sintashta burials, Southern Urals // *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. – 2016. – № 1. – P. 65–71.

Knipper C. Sampling for Stable Isotope Analyses in Archaeology: Information Potential, Strategies, and Documentation // *Multidisciplinary Approach to Archaeology: Recent Achievements and Prospects: Proc. of the Intern. Symp. Multidisciplinary Approach to Archaeology: Recent achievements and prospects*. – Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2017. – P. 84–94.

Krause R., Epimakhov A.V., Kupriyanova E.V., Novikov I.K., Stolarczyk E. The Petrovka Bronze Age Sites: Issues in Taxonomy and Chronology // *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. – 2019. – № 1. – P. 54–63.

Somerville A.D., Beasley M.M. Exploring Human Behavior Through Isotopic Analyses: Tools, Scales, and Questions // M.M. Beasley, A.D. Somerville (eds.). *Exploring Human Behavior Through Isotope Analysis. Applications in Archaeological Research*. – Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 9–32.

References

Epimakhov A.V. Radiocarbon Arguments for the Abashevo Origin of the Sintashta Traditions in the Bronze Age. In *Ural Historical J.*, 2020 N 4 (69). P. 55–64. (In Russ.). doi: 10.30759/1728-9718-2020-4(69)-55-64

Epimakhov A.V., Berseneva N.A. Metal-production, mortuary ritual, and social identity: the evidence of

Sintashta burials, Southern Urals. In *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 2016. N 1. P. 65–71. doi: 10.17746/1563-0110.2016.44.1.065-071

Epimakhov A.V., Chechushkov I.V., Kiseleva D.V., Ankushev M.N., Ankusheva P.S. Kartirovanie biodostupnogo $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Yuzhnom Zaural'e. In *Lithosphere*, 2023. N 6. (In Russ.). (In press).

Kitov E.P., Khokhlov A.A., Medvedeva P.S. Paleoanthropological Data as a Source of Reconstruction of the Process of Social Formation and Social Stratification (based on the Sintashta and Potapovo sites of the Bronze Age). In *Stratum Plus*, 2018. N 2. P. 225–243. (In Russ.).

Knipper C. Sampling for Stable Isotope Analyses in Archaeology: Information Potential, Strategies, and Documentation. In *Multidisciplinary Approach to Archaeology: Recent Achievements and Prospects: Proceedings of the International Symposium Multidisciplinary Approach to Archaeology: Recent achievements and prospects*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2017. P. 84–94.

Krause R., Epimakhov A.V., Kupriyanova E.V., Novikov I.K., Stolarczyk E. The Petrovka Bronze Age Sites: Issues in Taxonomy and Chronology. In *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 2019. N 1. P. 54–63. doi: 10.17746/1563-0102.2019.47.1.054-063

Puchkov V.N. Paleogeodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala. Ufa: Dauriya, 2000. 146 p. (In Russ.).

Puzhakov B.A., Shokh V.D., Shchulkin N.Y., Shchulkin Y.P., Tarelkina Y.A., Dolgova O.Y. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:200000. Izdaniye vtoroye. Seriya Yuzhno-Ural'skaya. List N-41-13 (Plast). Ob'yasnitel'naya zapiska. Moscow: VSEGEI, 2018. 205 p. (In Russ.).

Rykushina G.V. Antropologicheskaya kharakteristika naseleniya epokhi bronzy Yuzhnogo Urala po materialam mogil'nika Krivoye Ozero. In: Vиноградов N.B. Mogil'nik bronzovogo veka Krivoye Ozero v Yuzhnom Zaural'e. Chelyabinsk: South Ural Book Publ., 2003. P. 345–359. (In Russ.).

Somerville A.D., Beasley M.M. Exploring Human Behavior Through Isotopic Analyses: Tools, Scales, and Questions. In M.M. Beasley, A.D. Somerville (eds.) *Exploring Human Behavior Through Isotope Analysis. Applications in Archaeological Research*. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2023. P. 9–32. doi: 10.1007/978-3-031-32268-6_2

Vinogradov N.B. Mogil'nik bronzovogo veka Krivoye Ozero v Yuzhnom Zaural'e. Chelyabinsk: South Ural Book Publ., 2003. 362 p. (In Russ.).

Vinogradov N.B., Degtyareva A.D., Kuz'minykh S.V., Medvedeva P.S. Obrazy epokhi. Mogil'nik bronzovogo veka Krivoye Ozero v Yuzhnom Zaural'e. Chelyabinsk: ABRIS, 2017. 400 p. (In Russ.).

Анкушев М.Н. <http://orcid.org/0000-0001-9628-5546>

Анкушева П.С. <http://orcid.org/0000-0002-1826-9919>

Виноградов Н.Б. <http://orcid.org/0000-0002-0434-6012>

Киселева Д.В. <http://orcid.org/0000-0002-8682-1541>

Чечушков И.В. <http://orcid.org/0000-0001-5096-2978>

Епимахов А.В. <http://orcid.org/0000-0002-0141-1026>