

Кизилов А.С. Глазов К.А. Кудин М.И. К вопросу об античной датировке древней крепости в центре города Сочи. // VII «Анфимовские чтения» по археологии Западного Кавказа. Мат. междунар. археол. конф. (31 мая – 2 июня 2017 г., Краснодар). *Краснодар, 2017. С. 113–121.*

Крюков А.В. Объекты культурного наследия в границах природного орнитологического парка в Имеретинской низменности: состав и проблемы сохранения // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Сб. статей V Всерос. науч.-практ. конф. (Сочи, 10–12 октября 2018 г.). Сочи: «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», 2018. С. 169–178.

Сакания, С.М., Требелева, Г.В. Позднеантичные и средневековые христианские храмы Северо-Восточного Причерноморья. Каталог / С.М. Сакания, Г.В. Требелева. Магнитогорск: ЗАО «Магнитогорский Дом печати», 2019. Т. 1. Западная Абхазия (Гагрский, Гудаутский, Сухумский районы). 201 с

Требелева Г.В., Кизилов А.С. Ещё раз к вопросу о «Понтийском лимесе», или О географических и геополитических принципах расположения древних фортификационных сооружений черноморского побережья в античное время // Древние и традиционные культуры во взаимодействии со средой обитания: проблемы исторической реконструкции: мат. I Междунар. междисциплинар. конф. / отв. ред. Е. В. Куприянова. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2021. С.51–60.

**А.В. Епимахов¹, М.Н. Анкушев^{1,2}, П.С. Анкушева^{1,2}, Н.С. Батанина³,
Д.В. Киселева⁴, Л.Н. Корякова⁵, Е.В. Куприянова⁵, И.В. Чечушков⁶
А. V. Epimakhov, M. N. Ankushev, P. S. Ankusheva, N. S. Batanina,
D. V. Kiseleva, L. N. Koryakova, I. V. Chechushkov**

¹Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, epimakhovav@susu.ru

²Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, г. Миасс

³Челябинский государственный университет, г. Челябинск

⁴Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

⁵Институт истории и археологии УрО РАН

⁶Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень

Соотношение изотопов стронция в биологических остатках: диагностирование ключевых факторов (на материалах памятников бронзового века Южного Зауралья)

Strontium isotope ratio in biological remains: diagnosis of key factors (based on Bronze Age sites in the Southern Trans-Urals)

В работе представлены результаты анализа соотношений изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для 21 одного индивида и 15 животных. Все материалы относятся к бронзовому веку Южного Зауралья (5 археологических памятников). Использованы 3 типа образцов (кость, дентин и зубная эмаль). Всего проведено 62 измерения. Парными или тройными анализами разнотипных образцов располагают 12 человек и 6 животных. Для человеческих останков выявлены статистически значимые различия значений для разнотипных образцов, происходящих из одного организма. Это может отражать прижизненные изменения ареала обитания. Различия в результатах анализа зубной эмали людей указывают на разницу в происхождении индивидов в рамках коллехтива.

The paper presents the results of the analysis of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope ratios for 21 individuals and 15 animals. All materials belong to the Bronze Age of the Southern Trans-Urals (5 archaeological

sites). Three types of specimens were used (bone, dentin and tooth enamel). A total of 62 measurements were taken. Paired or triple analyzes of samples are available for 12 people and 6 animals. Statistically significant differences were found in the values for different types of samples originating from the same organism for human remains. This may reflect lifetime changes in habitat. Differences in the results of the analysis of the human tooth enamel indicate a difference in the origin of individuals within the collective.

Исследование форм и масштабов мобильности людей и животных методами анализа радиогенных изотопов стронция имеет длительную, хотя и непростую историю [Bentley, 2006; Ventresca Miller et al., 2017 и др.]. Несмотря на усилия многих специалистов, сохраняются расхождения в методиках отбора, в меньшей степени анализа, а также в интерпретации полученных результатов. Большое внимание уделяется диагенетическим процессам [Smith et al., 2007 и др.]. Целью настоящей работы является не столько представление новых региональных материалов (хотя и они пока накоплены в небольшом объеме), сколько оценка достоверности данных, полученных по разнотипным образцам. Этот аспект оказывает решающее влияние на конечный результат исследования, прежде всего при оценке степени одно- и разнородности выборки, часто рассматриваемой как отражение степени ее гетерогенности. В данном случае авторы опираются на сравнительно небольшие выборки по каждому памятнику, однако, в целом, 62 измерения образуют статистически достоверную совокупность и являются, по сути, первыми для региона. Это позволяет сформулировать некоторые проблемы и наметить пути их решения.

В нашей выборке 62 измерения соотношений изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, выполненных в блоке чистых помещений (классы 6 и 7 ИСО, ИГГ УрО РАН, ЦКП «Геоаналитик», г. Екатеринбург). Измерения изотопного состава Sr проводили на магнито-секторном мультиколлекторном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (МК-ИСП-МС) Neptune Plus. В общей сложности были проанализированы материалы пяти памятников бронзового века (синташтинская и алакульская культуры, а также единичное измерение погребения финальной бронзы (курган Соколок), не использованное в дальнейшей работе). В списке остальных объектов укрепленное поселение Степное, курганные могильники Степное-1 и Каменный Амбар-5, рудник Воровская Яма. Все памятники расположены на границе лесостепной и степной зон и в северной степи Южного Зауралья. С разной степенью полноты опубликованы только могильник Каменный Амбар-5 и материалы рудника Воровская Яма [Епимахов, 2005; Анкушева и др., 2021]. Остальные материалы получены в результате полевых исследований 2021 г. Судя по ранее полученным данным [Епимахов и др. 2021; Чечушков, Епимахов, 2021 и др.], все памятники датируются XX–XVII вв. до н.э. (в системе калиброванных радиоуглеродных дат).

Выборка включает образцы, полученные из разных типов тканей: кость, эмаль и дентин (табл.). Коллекция включает останки людей (преимущественно, взрослых) и домашних животных (МРС, КРС и лошадь). Особенностью выборки является большая группа значений, происходящих от одних и тех же особей и индивидов, которых в нашем распоряжении 19; из них семь человек снабжены тремя типами образцов «кость – эмаль – дентин» (могильник Каменный Амбар-5), остальные – парами «кость – эмаль».

Методом обобщения результатов избрано построение диаграммы размаха по видам (люди ($n = 21$) и животные ($n = 15$)), а также типам образцов (кость, дентин, эмаль) (рис. 1). Для антропологических останков имеются единичные статистические выбросы, связанные с одним из скелетов (№ 1) из погребения на укрепленном поселении Степное. Максимальный разброс значений демонстрируют данные, полученные при анализе зубной эмали, однако следует учесть обобщенный характер выборки из четырех локаций, приуроченных к разным структурно-формационным зонам Урала –

Распределение типов образцов, использованных для анализа

	Количество люди/животные	Кость (люди/ животные)	Дентин (люди/ животные)	Эмаль (люди/ животные)
Каменный Амбар-5	15/0	15 (15/0)	7 (7/0)	7 (7/0)
Степное-1	2/5	6 (2/4)		7 (2/5)
Укрепленное поселение Степное	3/6	5 (3/2)		9 (3/6)
Воровская Яма	0/4	1 (0/1)		4 (0/4)
Соколок	1/0			1 (1/0)
Всего		27	7	28
в том числе: люди	21	20		13
животные	15	7	7	15

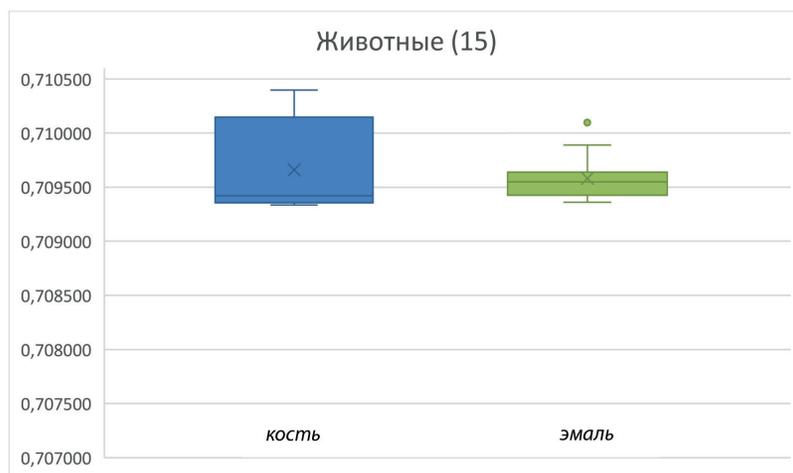
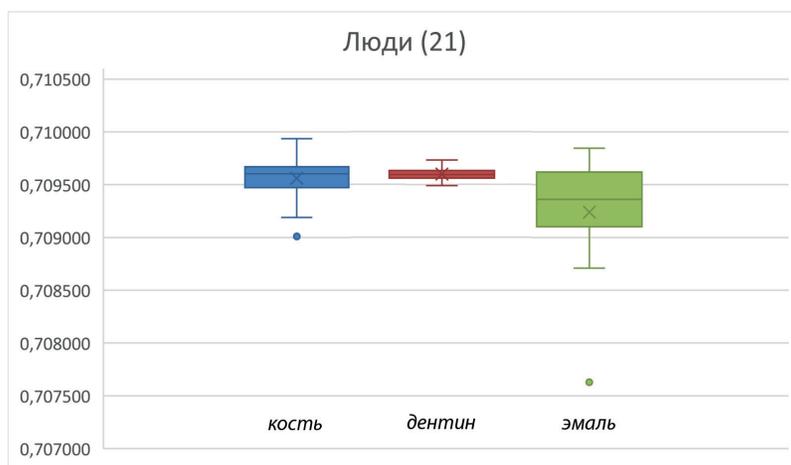


Рис. 1. Диаграммы размаха соотношений изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для разных типов биогенного стронция из материалов памятников позднего бронзового века Южного Зауралья.

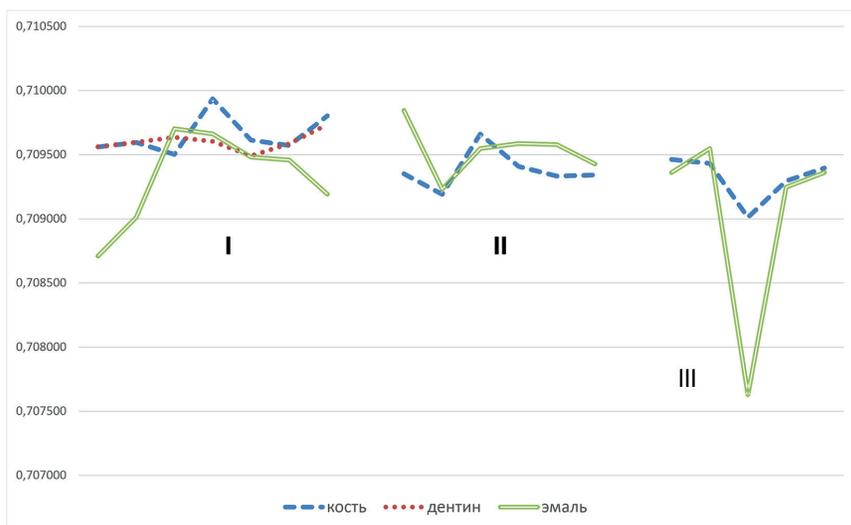


Рис. 2. Результаты анализа соотношений изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ разнотипных образцов, происходящих от одних и тех же организмов. I – могильник Каменный Амбар-5; II – могильник Степное-1 (IIa – животные); III – укрепленное поселение Степное (IIIa – животные).

Восточно-Уральской и Зауральской, в границах которых также имеют место заметные вариации [Епимахов и др., 2021]. Минимальную вариативность демонстрируют данные по дентину, происходящие из одного могильника (Каменный Амбар-5). Результаты измерений соотношения изотопов стронция для животных демонстрируют иную картину. В этом случае кость дает значительно более широкий обобщенный интервал в сравнении с эмалью. Единственный статистический выброс связан с образцом эмали зуба КРС из коллекции рудника Воровская Яма. Предварительно для животных можно констатировать небольшой сдвиг средних значений в сторону увеличения.

Для сравнения особенностей отображения соотношения изотопов в разнотипных образцах, происходящих от одних и тех же организмов, были использованы данные по трем памятникам (Каменный Амбар-5 (7 человек), поселение Степное (3 человека и 2 МРС) и могильник Степное-1 (2 человека и 4 МРС)). Всего в выборке 12 человек и 6 животных, для которых мы располагаем минимум двумя анализами. Построение графика (рис. 2) позволяет сделать несколько наблюдений. Во-первых, налицо существенные расхождения значений в некоторых парах образцов, происходящих из одного организма, они особенно заметны при сопоставлении результатов измерения кости и эмали. Это более характерно для останков человека, тогда как для животных фиксируется относительная согласованность результатов анализа кости и эмали. Предшествующие исследования позволили сформулировать критерий существенного расхождения $p \leq 0.001$, ему соответствует зафиксированная нами картина. Во-вторых, наиболее контрастная картина колебания значений зафиксирована именно для зубной эмали примерно половины индивидов.

Полученные данные, несмотря на немногочисленность, позволяют предложить следующие интерпретационные гипотезы. Различия между значениями по кости и эмали могут отражать прижизненные изменения ареала обитания индивидов. В этом случае кость иллюстрирует значения более близкие к региону смерти человека, чем зубная эмаль, которая формируется значительно дольше, начиная с детского возраста. Косвенно

ным подтверждением могут служить данные по животным, жизненный цикл которых короче. Имеющаяся выборка по этой категории, как будто, говорит о локальном выпасе изученных домашних животных и отсутствии дальне-дистанционного обмена. Вместе с тем, довольно узкий коридор значений для образцов по костям человека может быть обусловлен диагенетическими процессами, которые «выровняли» изотопный сигнал $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Наконец, существенные различия в результатах анализа зубной эмали человека, видимо, иллюстрируют реальную неоднородность изученной выборки, т.е. коллективы могли формироваться за счет инкорпорантов из других локаций. Для конкретизации этой гипотезы требуется не только умножение серии, но ее сопоставление с фоновыми значениями.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ, проект № 20-18-00402 «Миграции человеческих коллективов и индивидуальная мобильность в рамках мультидисциплинарного анализа археологической информации (бронзовый век Южного Урала)» (А.В. Епимахов, М.Н. Анкушев, П.С. Анкушева, Д.В. Киселева). Статистические процедуры выполнены И.В. Чечушковым в рамках государственного задания № 121041600045-8.

Литература

Анкушева П.С., Алаева И.П., Анкушев М.Н., Баженов Е.А., Фомичев А.В., Юминов А.М. Раскопки рудника бронзового века Воровская Яма (Южный Урал) в 2021 году // *Геоархеология и археологическая минералогия*. 2021. Т. 8. С. 110–116.

Епимахов А.В. Ранние комплексные общества Севера Центральной Евразии (по материалам могильника Каменный Амбар-5). Кн. 1. Челябинск: Челябинский дом печати, 2005. 192 с.

Епимахов А.В., Анкушев М.Н., Анкушева П.С., Киселева Д.В., Чечушков И.В. Предварительные результаты анализа изотопов стронция в рамках изучения мобильности населения бронзового века Зауралья // *Геоархеология и археологическая минералогия*. 2021. Т. 8. С. 10–17.

Епимахов А.В., Курпьянова Е.В., Хоммель П., Хэнкс Б.К. От представлений о линейной эволюции к мозаике культурных традиций (бронзовый век Урала в свете больших серий радиоуглеродных дат) // *Древние и традиционные культуры во взаимодействии со средой обитания: проблемы исторической реконструкции: мат. I Междунар. междисциплинар. конф.* / отв. ред. Е.В. Курпьянова. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2021. С. 7–29.

Чечушков И.В., Епимахов А.В. Хронологическое соотношение укрепленного поселения Каменный Амбар и могильника Каменный Амбар-5 в Южном Зауралье: возможности байесовской статистики // *Вестник археологии, антропологии и этнографии*. 2021. № 3 (54). С. 47–58.

Bentley R.A. Strontium isotopes from the Earth to the archaeological skeleton: a review // *Journal of Archaeological Method and Theory*. 2006. Vol. 13 (3). P. 135–187.

Ventresca Miller A.R., Winter-Schuh C., Usmanova E.R., Logvin A., Shevnina I., Makarewicz C.A. Pastoralist Mobility in Bronze Age Landscapes of Northern Kazakhstan: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $\delta^{18}\text{O}$ Analyses of Human Dentition from Bestamak and Lisakovsk // *Environmental Archaeology*. 2017. Vol. 23 (4). P. 352–366.

Smith C.I., Nielsen-Marsh C.M., Jans M.M.E., Collins M.J. Bone diagenesis in the European Holocene I: patterns and mechanisms // *Journal of Archaeological Science*. 2007. Vol. 34 (9). P. 1485–1493.