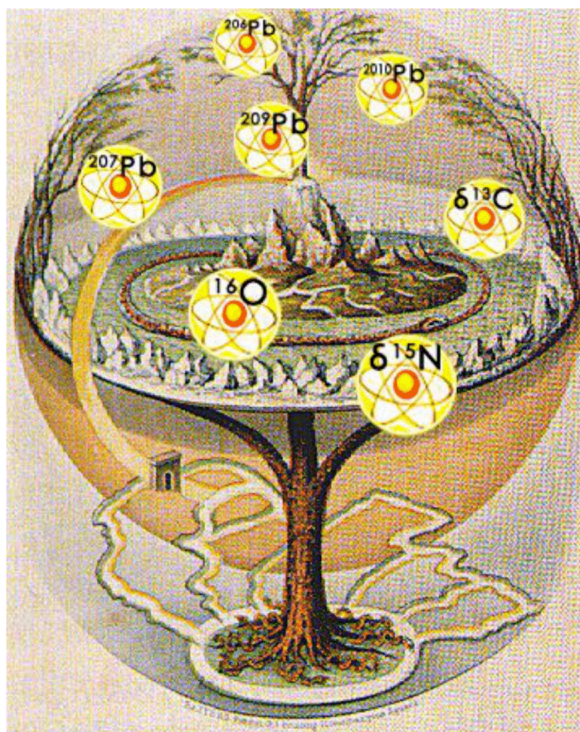


Российская академия наук
Институт археологии
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова

**СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ:
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА**



Сборник тезисов V заседания

**Стабильные изотопы
в археологических
исследованиях:
методические проблемы
и историческая
проблематика**

Сборник тезисов V заседания

Издательские решения
По лицензии Ridero
2023

УДК 94
ББК 63
С75

Утверждено к печати Ученым советом ИА РАН.
Ответственный редактор
д.и.н. М.В. Добровольская

Составители:
к.и.н. Н.Г. Свиркина, В.И. Данилевская

Рецензенты:
к.и.н. И.А. Сапрыкина
к.и.н. И.К. Решетова

Шрифты предоставлены компанией «ПараТайп»

**С75 Стабильные изотопы в археологических исследованиях:
методические проблемы и историческая проблематика** : Сборник
тезисов V заседания. — [б. м.] : Издательские решения, 2023. —
60 с.
ISBN 978-5-0059-8706-8

В сборник включены тезисы докладов, представленных на V заседании семинара «Стабильные изотопы в археологических исследованиях: методические проблемы и историческая проблематика» состоявшемся в Институте археологии РАН 18–19 апреля 2023 г. Доклады объединены анализом методических аспектов изучения изотопного состава археологических материалов.

**УДК 94
ББК 63**

12+ В соответствии с ФЗ от 29.12.2010 №436-ФЗ

ISBN 978-5-0059-8706-8

© Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Институт археологии Российской академии наук,
2023

© Авторы статей, 2023

Электронная библиотека ИА РАН. <https://www.archaeolog.ru/ru/el-bib>

Программа

18 апреля 2023 г.

10.00 — 10.10. Открытие V-ого заседания Семинара

10.10. Секция Теория, методика и организация изучения легких изотопов в древних и современных экосистемах.

10.10 — 10.40 Лаборатория ZooMS ИАЭТ СО РАН — первые результаты работы. *Светлана Владимировна Шнайдер*. Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск

10.40 — 11.10. Анализ изотопного состава азота и углерода почв. *Андрей Георгиевич Зуев*. Институт проблем экологии и эволюции РАН им А. Н. Северцова, Москва

11.10. — 11.40. О проблемах и перспективах сопоставимости отечественных изотопных исследований биоархеологических материалов. *Наталья Геннадиевна Свиркина, Виктория Игоревна Данилевская*. Институт археологии РАН, Москва

11.40 — 12.10. Зависимость изотопного состава ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) нагаров от технологических особенностей производства керамики (по экспериментальным данным). *Анна Николаевна Бабенко, Ольга Анатольевна Лопатина*. Институт археологии РАН. Москва,

12.10. — 12.30. Обсуждение

12.30 — 13.30. — Обед

13.30. Секция Изотопный состав азота и углерода в биоархеологических материалах из древних и средневековых памятников.

13.30 — 14.00. Люди и животные бронзового века Зауралья по данным стабильных изотопов (микрорайон у с. Степное). *Андрей Владимирович Епимахов*. Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

14.00 — 14.30. Вариативность показателей стабильных изотопов у населения археологического микрорайона срубно-алакульской культурной группы на территории Башкирского Приуралья. *Николай Борисович Щербаков, Ия Александровна Шутелева*, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный педагогический университет им. Акмуллы» ФГБОУ ВО «БГПУ им. М. Акмуллы»,

14.30 — 15.00. Изотопный анализ костей из археологических памятников Пермского Предуралья. *Наталья Геннадиевна Брюхова*, Пермский федеральный исследовательский центр, Пермь.

15.00 — 15.30. Обсуждение.

19 апреля 2023 г.

10.00. Секция Изотопные аспекты исследования ресурсных баз и территорий распространения древних и средневековых археологических культур.

10.00 — 10.30. Геологические, изотопные и геохимические данные как способ установления регионов импорта каменного материала. *Алексей Олегович Хотылев, Сергей Валерьевич Ольховский, Александр Александрович Майоров, Фёдор Сергеевич Щепелев*, Геологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Институт археологии РАН, Москва

10.30. -11.00. Предварительные результаты Pb-Pb анализа металла украшений из сельских памятников Северо-Восточной Руси XI—XIV вв. *Меркел Стефан Уильям, Ирина Евгеньевна Зайцева, Андрей Владимирович Чугаев*, Vrije Universiteit Amsterdam, Институт археологии РАН, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва

11.00 — 11.30. Изотопные аспекты исследований изделий из стекла. Ольга Сергеевна Румянцева, ИА РАН, Москва.

11.30 — 12.00. Обсуждение

12.00 — 12.30. Обед

12.30 — 13.00. Вариации отношений изотопов стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в археологической древесине: первые результаты *Наталья Ивановна Шишлина, Антон Александрович Строков, Дмитрий Александрович Куприянов, Наталья Геннадиевна Солошенко, Дарья Владимировна Киселева*, Государственный исторический музей, Москва, Институт археологии РАН, Москва, Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург.

13.00 — 13.30. Источники мясной пищи горняков на руднике бронзового века Воровская Яма (Южное Зауралье). *Полина Сергеевна Анкушева, Дарья Владимировна Киселева, Алексей Юрьевич Рассадников, Игорь Владимирович Чечушков*, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Институт геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Институт истории и археологии УрО РАН, Екатеринбург.

13.30 — 14.00. Расширение базы данных изотопных соотношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ биодоступного стронция на территории Российской Федерации. *Дарья Владимировна Киселева, Евгений Сергеевич Шагалов, Татьяна Геннадиевна Окунева, Наталья Геннадиевна Солошенко, Елизавета Алексеевна Панкрушина, Анастасия Дмитриевна Рянская*. Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

14.00 — 14.30. Первые результаты изотопного анализа стронция В эмали зубов животных из неолитических памятников Днепро-Двинского междуречья и Нижнего Подонья. *Екатерина Владимировна Долбунова, Дарья Владимировна Киселева, Андрей Николаевич Мазуркевич*. Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург

бург, Институт геологии и геохимии УрО РАН Екатеринбург.

14.30 — 15.00. Обсуждение.

**П. С. Анкушева, Д. В. Киселева,
А. Ю. Рассадников,
И. В. Чечушков**

**Снабжение Алакульских горняков
на руднике Воровская Яма в Южном
Зауралье: предварительные результаты
археозоологических и изотопных
исследований**

Ключевые слова: изотопы стронция, археозоология, цветная металлургия, эпоха бронзы.

Алакульская культура II тыс. до н.э. являлась одним из крупнейших металлопроизводящих образований позднего бронзового века Северной Евразии. При ведущей роли животноводства в хозяйстве ее носителей важную роль также играла металлургия меди и бронз. С середины XX в. в литературе утвердилась точка зрения о местном характере рудного сырья для алакульских ареалов, обеспеченных доступными для разработки в древности месторождениями меди (*Ткачев, 2018. С. 518, Рис. 1*). В то же время ограниченный до недавнего времени опыт междисциплинарных изысканий на самих рудниках не позволял углубить понимание организации работы на них, векторов хозяйственных связей и моделей взаимодействия между добытчиками и потребителями руды.

Данная работа направлена на реконструкцию снабжения алакульских горняков мясными продуктами, необходимыми для питания и хозяйственной деятельности. Источником выступает археозоологическая кол-

лекция рудника Воровская Яма (Кизильский район Челябинской области). Памятник представляет собой окруженный отвалами округлый карьер диаметром 60 м и глубиной до 4 м. При раскопках 2021 года на его северо-восточном краю были зафиксированы остатки построек алакульских горняков. Они представляли собой углубленные в погребенную почву котлованы, оконтуренные серией столбовых ямок, заполнение которых включало кости животных и керамику алакульского типа. Период функционирования памятника связан с XVII—XVI вв. до н.э. в системе калиброванных дат (*Ankusheva et al., 2022*). В качестве опорных методов выбран комплекс археозоологических изысканий (выполнены А. Ю. Рассадниковым), а также изотопный анализ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в археологических и фоновых образцах (выполнен на базе ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН).

Анализ археозоологической коллекции (505 экз.) позволил реконструировать ряд аспектов организации производства. Как и на стандартных алакульских поселениях Южного Зауралья, система жизнеобеспечения горняков основывалась на эксплуатации КРС, МРС и лошади. Соотношение костных остатков близко к поселенческому. Но, в отличие от обычных поселков, мастера Воровской Ямы не занимались полным циклом воспроизводства скота. На это указывает отсутствие костей эмбрионов и новорожденных особей. Вероятно, горняки эксплуатировали пригнанное сборное стадо или пригоняемых на убой единичных животных.

Определение возможных регионов их выпаса выполнено для 14 особей путем сравнения значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в эмали зубов с характерными для региона фоновыми значениями интерполированной карты биодоступного стронция (*Erimakhov et al., 2023*). Критерием не местного происхождения выступало отличие от фоновых рас-

четных значений $n \geq 0.001$ в эмали особи. Установлено, что половина исследуемых особей, для которых характерны средние для Южного Зауралья значения (0.709), могла иметь местное происхождение. Использование руды по типу месторождения Воровская Яма подтверждает химизм металлургических шлаков, обнаруженных на ближайших от рудника алакульских поселениях долины реки Зингейка в радиусе до 15 км. Выпас остальных животных также не исключен в пределах степного Зауралья, но на более отдаленной от рудника территории. В частности, повышенные фоновые значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.710—0.712 тяготеют к раннекарбонным и раннепермским гранитным массивам, расположенным к востоку и юго-востоку от рудника (до 100 км). Возможно, специализированные группы горняков формировались из населения этих поселков, а какие-то из них были вовлечены в торгово-обменные операции с рудой или другими продуктами металлопроизводства этого рудника.

Аналогии подобной организации снабжения горняков мясными продуктами прослеживаются на срубном руднике Михайло-Овсянка (*Shishlina et al., 2020*), с оговоркой о возможной круглогодичной разработке месторождения Воровская Яма. Предполагается, что вариации организации горнодобывающего производства существуют не только между культурами, но даже в пределах одного небольшого региона алакульской ойкумены. Для ответа на вопрос, чем они были обусловлены — особенностями вмещающего ландшафта, типом месторождения и характером вмещающих пород, объемами разработки, контролем выработок различными культурными группами или другими факторами — необходимо, прежде всего, расширение источникового фонда по древним рудникам в алакульском ареале обитания.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект №20-18-00402.

ЛИТЕРАТУРА

Ткачев В. В., 2018. Генезис алакульской культуры в контексте горной археологии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 20. №3 (2). С. 517—526.

Ankusheva P.S., Zazovskaya E.P., Yuminov A.M., Ankushev M.N., Alaeva I.P., Epimakhov A.V., 2022. Radiocarbon Chronology of Bronze Age Mines in the Southern Trans-Urals: First Results // Archaeological and Anthropological Sciences. 14:218.

Epimakhov A.V., Ankushev M.N., Ankusheva P.S., Kiseleva D.V., Chechushkov I.V., 2023. Preliminary Results of the Strontium Isotopes Analysis in the Framework of the Study of the Mobility of the Bronze Age Population in the Trans-Urals. In: *Ankusheva, N.N., Chechushkov, I.V., Epimakhov, A.V., Ankushev, M.N., Ankusheva, P.S.* (eds) *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy — 2021*. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer. P. 11—18.

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

А. Н. Бабенко, О. А. Лопатина

**Зависимость изотопного состава
($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) нагаров
от технологических особенностей
производства керамики**

(по экспериментальным данным)

Ключевые слова: технология гончарства, изотопный состав нагаров, этнография.

Доклад посвящен продолжению работы по изучению изотопного состава нагаров. Конечной целью задуманной экспериментальной работы является оценка возможностей и ограничений применения изотопного анализа для реконструкции пищи, готовившейся в сосудах. Для достижения поставленной цели первоочередной задачей, по нашему мнению, является определение влияния технологических особенностей, связанных с изготовлением сосудов, на изотопный состав нагаров. Решение этой задачи возможно путем проведения ряда экспериментов.

На данный момент из всего разнообразия технологических приемов, которые гипотетически могли бы повлиять на изотопный состав нагаров, мы ограничились изучением двух условий. Одно из них связано с особенностями составления формовочных масс, а именно — с добавлением в тесто органических примесей (эксперимент №1). В качестве последних был выбран навоз травоядных домашних животных. Другой технологический прием связан с устранением влагопроницаемости стенок сосудов (эксперимент №2). В современном этнографическом гончарстве

Восточной Европы одним из самых распространенных приемов, используемых для этих целей, является обваривание. Корпус источников, представленных письмами гончаров, собранных А. А. Бобринским в конце 50-ых — начале 60-х гг. 20 в., дает довольно подробную информацию по обвариванию. Чаще всего это мука (ржаная, ячменная или овсяная), отруби (овсяные или пшеничные), которые заливались водой до состояния жидкого раствора или болтушки. При окунании в обвару обожженного горячего сосуда влага интенсивно испаряется, а частички раствора привариваются к поверхности сосуда, меняя цвет его поверхности. В ходе такого процесса карбонизированные частицы обвары заполняют микротрещины, тем самым повышая влагонепроницаемость стенок сосуда. Кроме обвары при посттермической обработке сосуда могли обрабатываться, например, жирами, молоком или смолой.

Всего было изготовлено 30 сосудов небольшого объема 100–150 мл. Сосуды обжигались на костре. В первом эксперименте участвовало 24 сосуда, в 10 из них формовочная масса представляла собой глину без примесей, в 14 — глину с примесью сухого или влажного навоза, добавленного в разных пропорциях (табл. 1). В ходе второго эксперимента сосуда, изготовленные из глины без специальных примесей, обрабатывались после обжига. Пять сосудов были обварены, а один — обмазан свиным салом. Обвара была приготовлена из ржаной муки грубого помола в пропорции: 1 столовая ложка муки на 1 стакан воды. После обжига в костре каждый из пяти сосудов погружался на несколько секунд в теплую обвару и несколько раз там поворачивался. Для исходных материалов эксперимента учитывалось их географическое происхождение.

Продукты готовились одинаково — варились в сосуде на костре с добавлением воды. После полного выкипа-

ния жидкости сосуды выдерживались на углях до образования нагара. Перед приготовлением злаки предварительно дробились. Пробная варка недробленных зерновок показала, что цельное зерно практически не оставляет следов нагара.

*Таблица 1.
Перечень экспериментальных сосудов*

Кол-во сосудов	Органические вещества в формовочной массе (ф/м) и при посттермической обработке (пт/о)	Продукт
1	Ф/м: навоз коровы свежий влажный, концентрация 1:3 (1 часть примеси на количество частей глины)	Мясо (свинина)
1	Ф/м: навоз коровы сухой, концентрация 1:4	Просо дробленое
1	Ф/м: навоз конский сухой, концентрация 1:2	Просо + пшеница 1:1 дробленые
1	Ф/м: навоз коровы свежий влажный, концентрация 1:2	Просо+пшеница 1:1 дробленые
10	Ф/м: навоз коровы сухой, концентрация 1:3	Просо дробленое
10	Ф/м: глина без примесей	Пшеница (2 сосуда.), просо (8 сосудов) дробленое
5	Пт/о: обвара из ржаной муки	Просо дробленое
1	Пт/о: свиное сало	Просо дробленое

С внутренней поверхности верхней части каждого сосуда для изотопного анализа отбирались по две пробы. Первая (внешняя) проба представляла собой сам нагар — карбонизированные остатки пищи (В). Вторая (внутренняя) проба бралась непосредственно под первой

путем соскребания скальпелем частиц черепка вместе с частицами нагара (А). Кроме самих нагаров анализировался изотопный состав глины, навоза, обвары, сала и продуктов, приготовленных в сосудах.

По результатам полученных данных можно сказать, что органические вещества, которые используются в процессе изготовления сосуда, способны влиять на изотопный состав нагаров. Значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ проб В практически во всех исследованных сосудах эксперимента №1 близки или практически полностью совпадают со значениями пищи. Величины $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ проб А варьируют в бóльшем диапазоне. Максимальная разница между изотопными подписями пищи и пробами А наблюдается в образцах, отобранных из сосудов, при изготовлении которых в формовочную массу был добавлен навоз. Следовательно, можно говорить о влиянии органических примесей, используемых в производстве керамики. Однако послойное изучение нагара показывает, что такого влияния можно практически полностью избежать, отбирая для анализа стабильных изотопов лишь внешний слой нагара, не задевая стенок сосуда.

Изотопные данные, полученные в ходе изучения нагаров из сосудов эксперимента №2 с обвариванием также указывают на искажение изотопных сигналов по сравнению с приготовленной пищей. Но, в отличие от эксперимента №1, даже при послойном отборе образцов из нагара, избежать влияния сигнала самой обвары не получается.

Н. Г. Брюхова

Изотопный анализ (^{13}C и ^{15}N) Коллагена костей из археологических памятников Пермского Предуралья

Ключевые слова: археологические памятники, стабильные изотопы ^{13}C и ^{15}N , средневековые могильники, некрополь.

При исследовании костей, собранных во время раскопок археологических объектов, необходимо извлечь наиболее полную информацию об индивидуальных особенностях человека или животного, которым они принадлежали. Одним из инструментов, который помогает раскрыть персональный код живших давно людей и зверей, является анализ изотопного состава костей.

Изучение состава изотопов углерода и азота в костях из археологических слоёв пополняет информацию о палеоэкологических условиях, в которых существовали люди и о стратегии питания, которой они придерживались.

Несколько лет археологические памятники Пермского Предуралья поставляют органический материала для исследования содержания в нем стабильных изотопов.

Для анализа изотопного содержания углерода $\delta^{13}\text{C}$ и азота $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костей, происходящих из археологических объектов с хронологическим диапазоном IV–XVIII вв. н.э. были отобраны 40 образцов с территории 15 археологических памятников и городских кладбищ. В 34 случаях образцы были представлены костными останками людей, по одной кости от каждого индивида. Среди них 29 костей взяты из погребений де-

вяти средневековых некрополей: Митинский могильник IV–VI вв. (11 обр.), Пыштайский II могильник VII–IX вв. (1), Важгортский могильник VII–IX вв. (1), Каневский могильник VII–IX вв. (1), Демёнковский могильник VII–IX вв. (1), Баяновский могильник X в. (4), Рождественский мусульманский могильник XI–XIII вв. (1), Анюшкарский могильник IX–XV вв. (1), Плотниковский могильник XIII–XV вв. (8). Три кости происходят из могил трёх некрополей Нового времени: кладбище Пыскорского Спасо-Преображенского монастыря XVI в., кладбище в г. Соликамск XVI в., кладбище у Петропавловского собора г. Перми XVIII в. Также проанализирована кость человека из могилы располагавшейся под фундаментом церкви на Троицком холме г. Чердынь XVII вв. и кость человека с площадки раскопа Роданова городища X–XIV вв.

Отобранные образцы представляют собой длинные кости конечностей, в большинстве случаев — это большеберцовые кости. В шести случаях на анализ были переданы кости животных — 2 кости лошади, 3 кости КРС и кость бобра. Кости лошадей происходят из ямы, обнаруженной на Митинском могильнике и из погребения Плотниковского могильника. Кость КРС взята из слоя Вакинского селища, две кости КРС и одна кость бобра отобраны из ям Роданова городища (Табл.1).

Анализ изотопного состава углерода и азота в коллагене отобранных костей выполнен в лаборатории археологической технологии Института истории материальной культуры РАН, при помощи масс-спектрометра ThermoFinnigan Delta V с элементным анализатором CE/EA-1112. Одновременно на этом же материале проводилось радиоуглеродное датирование.

*Таблица 1.
Индивидуальные показатели изотопного
состава углерода и азота коллагена
костной ткани людей и животных*

№ образца	№ анализа	Образец	Пол	Возраст, лет	$\delta^{13}C$, ‰	$\delta^{15}N$, ‰
1	1974, 1996	Плотниковский мог-к, погр. 25	♀	> 35	-20,3	10
2	2949,2978	Плотниковский мог-г, погр. 33	♀	20-30	-20,5	9
3	1975, 1997	Плотниковский мог-к, погр. 42	♂	50-60	-20,9	9,1
4	2500,2524	Плотниковский мог-к, погр. 71	♂	45-60	-20,9	9
5	2950,2979	Плотниковский мог-к, погр. 85	♀	25-35	-21,6	9,3
6	2499,2523	Плотниковский мог-к, погр. 92	?	14-16	-21,2	8,6
7	3110, 3135	Плотниковский мог-к, погр 118	♂	20-25	-20,7	9,2
8	3827, 3844	Плотниковский мог-к, погр 154	♂	50-65	-20,2	10
9	1976, 1998	Бояновский мог-к., погр. 252(2)	♀	25-35	-21	9,4
10	2501,2525	Бояновский мог-к., погр. 116	♂	30-40	-20,8	9,5
11	2008, 2035	Бояновский мог-к., погр. 252(1)	♀	25-30	-21,3	10,6
12	3113, 3138	Бояновский мог-к., погр. 384	♂	35-50	-20,7	11,3
13	2502,2526	Митинский мог-к, погр. 43	♂	20-25	-20,9	9
14	2946,2975	Митинский мог-к погр. 49а	?	15-18	-21,4	9,3
15	2948,2977	Митинский мог-к, погр. 49б	♂	35-50	-20,7	10,8
16	2947,2976	Митинский мог-к, погр. 50а	♀	30-50	-21,2	10,3
17	3112, 3437	Митинский мог-к, погр. 52	♂	35-45	-21,4	8,9
18	2951,298	Митинский мог-к, погр.57	♂	18-22	-20,8	9,3
19	3856, 3843	Митинский мог-к, погр.63	♀	25-30	-21,9	9
20	3829, 3846	Митинский мог-к, погр.64	♂	16-20	-20,3	9,6
21	4225, 4245	Митинский мог-к, погр.81	♂	25-30	-21,2	10,3
22	4226, 4246	Митинский мог-к, погр.94	♂	35-50	-20,8	11,8
23	4229, 4249	Митинский мог-к, погр.103	♀	25-35	-20,3	10,1
24	3111, 3136	Деменковский мог-к.2007 г.,погр 156а	♂	35-50	-20,6	10
25	3114, 3139	Рождественск. мус. мог-к, погр 146	♂	35-50	-20,6	9,5
26	3439, 3462	Пыштайский мог-к, погр. 26	?	14-15	-21,5	10,3
27	3440, 3463	Важгорский мог-к , погр.24	♂	35-56	-20,7	9,8
28	3441, 3464	Каневский мог-к, погр. 1	♀	16-20	-21,5	9,6
29	3825, 3842	Роданово городище	?	?	-20,7	8,9
30	3828, 3845	Троицкий холм, Чердынь	♀	16-20	-20,1	10,7
31	4223, 4243	г. Соликамск, Погр. 10	♂	30-40	-20,4	11,3
32	4224, 4244	г. Пермь. Петропавловский собор, кладбище, погр. 12А	♂	30-35	-19,7	11,7
33	4230, 4250	некрополь Пыскор погр. 27	?	?	-20,8	11,4
34	4227, 4247	Анюшкар мог-к, 1991, погр. ?	?	?	-21	10,8
35	2945, 2974	Митинский курган, мог. 2015, яма 1, лошадь			-22,3	5,8
36	3830, 3847	Плотниковский мог, погр. 148 лошадь			-21,9	6,4
37	3109, 3134	Вакино, кость КРС			-22,2	6,3
38	3831, 3848	обр. 1 Роданово гор. Яма 2, КРС			-22,3	4,1
39	3832, 3849	обр. 2 Роданово гор. Яма 2, КРС			-21,7	6,1
40	4228, 4248	Роданово гор. кость бобра			-22,7	5,6

При анализе, использовались стандартные методы, которые описывались многими авторами в своих работах (*Антупина и др., 2022; McCutchan et al., 2003; Post, 2002*).

Показатели по обеим группам изотопов свидетельствуют о том, что почти все изучаемые люди и животные существовали в единой лесной экосистеме с трофической базой из растений умеренных и холодных природных зон, осуществляющих фотосинтез по типу C3 (*Добровольская и др., 2020*).

Сравнение индивидуальных показателей изотопного соотношения в коллагене костей между образцами позволяют сделать вывод об отсутствии значимых различий в диете средневекового населения Пермского Предуралья на протяжении более чем тысячи лет (IV — XVI вв.). Несколько выше уровень потребления белка у людей, захороненных на поздних кладбищах.

Ориентируясь на средние показатели, не видно принципиальных различий в распределении пищи по половому признаку. Однако если распределить индивидуальные показатели соотношения ^{13}C и ^{15}N в поле двух осей координат, то станет заметно, что женщины и подростки по оси, отвечающей за изотопный состав углерода, смещены в сторону более низких показателей по сравнению с мужчинами (*Брюхова, 2019*) (Рис.1).

Из всего состава исследованных образцов выделяется индивид из погребения №12А кладбища у Петропавловского собора г. Перми, мужчина. Это самое позднее в хронологическом плане захоронение, датируемое XVIII в. Высокий показатель углеродной подписи, $\delta^{13}\text{C}$ -19,7, вероятно, можно связать с тем, что этот человек не местный, а прибыл из более сухих и свободных от леса районов.

Подводя итог хочется отметить, что изотопный состав коллагена костей людей и животных, живших на территории Пермского Предуралья отличается невысокими

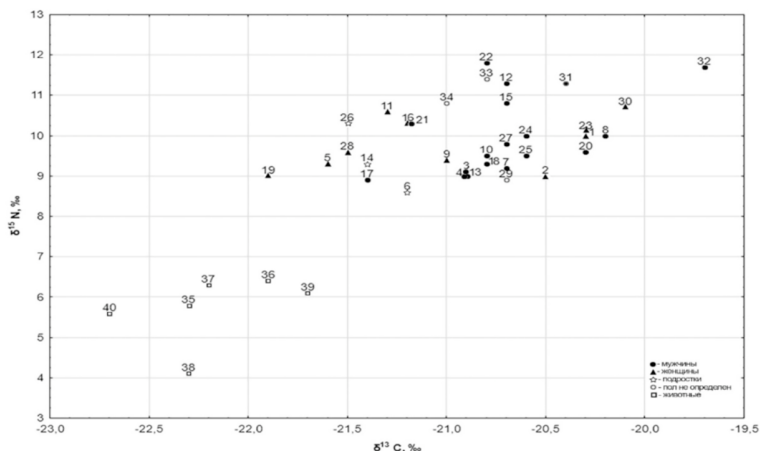


Рис. 1. Индивидуальные показатели соотношения ^{13}C и ^{15}N

величинами $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$, что соответствует освоению и использованию ресурсов лесной зоны (Добровольская и др, 2020).

ЛИТЕРАТУРА

Антипина Е. Е., Яворская Л. В. 2022. Археозоологические контексты к результатам изотопного анализа костей домашних копытных из древнерусских городов // КСИА. Вып. 266. М.: С. 265 — 279.

Брюхова Н. Г. 2019. Изотопная подпись, как индикатор пищевой стратегии средневекового населения Пермского Предуралья // Труды КАЭЭ ПГПУ. №15. С. 59–64

Добровольская М. В., Тиунов А. В., Крылович О. А., Кузьмичева Е. А., Решетова И. К., Савинецкий А. Б., Свирикина Н. Г., Смирнов А. Л. 2020. Изотопные маркеры экосистем и образа жизни сельского населения лесной зоны

европейской части России. // Российская археология.; Т.3: С. 79—95.

McCutchan J.H., Lewis W.M., Kendall C., McGrath C.C. 2003. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen and sulfur // *Oikos*. V. 102. P. 378—390.

Post D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions // *Ecology*. V. 83. P. 703—718.

**Е. В. Долбунова, Д. В. Киселева,
А. Н. Мазуркевич**

**Первые результаты изотопного анализа
стронция в эмали зубов животных
из неолитических памятников Днепро-
Двинского междуречья и Нижнего
Подонья**

Ключевые слова: изотопный состав стронция, неолит, изоскейпы.

Начатые исследования изотопного состава стронция на неолитических стоянках Днепро-Двинского междуречья и Нижнего Подонья — это часть комплексного исследования, направленного на изучение вопросов, связанных с местом обитания и происхождения человеческих коллективов и животных, охотничьими и скотоводческими стратегиями, экономическими сетями обмена, видовой биогеографией и климатом в различные периоды неолита (Dolbunova et al., 2020; Kittel et al., 2023).

Изотопный анализ стронция проведен методом мультиколлекторной масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МК-ИСП-МС) на масс-спектрометре NEPTUNE Plus (Thermo Fisher Scientific). Были исследованы образцы эмали животных из неолитических слоев памятников представленных регионов, а также современные образцы травы. Эмаль формируется, в основном, в детстве и практически не подвергается перестройке после минерализации; соответственно, изотопные отношения Sr в эмали характеризуют место проживания инди-

вида в детстве (при условии, что употреблялись в пищу местные продукты), а кость и дентин постоянно обновляются и встраивают Sr, характеризуя, таким образом, место проживания в течение последних нескольких десятилетий (опять же, при условии потребления местной пищи) (Price et al, 2002).

Специфические микроэкологические факторы — природные и антропогенные — влияют на изотопный характер растительных сообществ, создавая выраженные «изозоны» внутри ландшафтов. Эта присущая ландшафту изменчивость может способствовать высокой изменчивости изотопных значений внутри популяций. Они используются в качестве ландшафтных «сигнатур» для различения потенциально местных и пришлых особей. Для сравнения образцов из неолитических памятников со значениями местных изоскейпов были дополнены существующие изоскейпы для территории Нижнего Подонья и начаты работы по созданию первых изоскейпов для территории Днепро-Двинского междуречья (Псковская и Смоленская обл.). Полученные результаты послужат основой для построения изоскейпов биодоступного стронция исследуемых регионов для дальнейшего выявления районов происхождения и миграций древних популяций.

Для исследования состава изотопов $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ было отобрано 34 образца эмали зубов животных на п. Ракушечный Яр (Нижнее Подонье), происходящих из слоев раннего неолита сер. 6 тыс. до н. э. Образцы принадлежат особям собаки, благородного оленя, кабана, свиньи, овцы. Первые результаты и сравнение с местными изоскейпами позволяют предположить местную зону происхождения для большинства особей, с небольшими вариациями в рамках 30км зоны вокруг поселения, что требует дальнейшего изучения.

С территории Днепро-Двинского междуречья было отобрано 63 образца из п. Усвяты IV, Дубокрай VII, Ду-

бокрай V, Дубокрай I, Сертея VIII, Сертея II, Сертея X, Наумово, Рудня Сертейская, которые относятся к 6–3 тыс. до н. э. Образцы принадлежат особям собаки, лося, кабана. Основная цель — реконструировать возможные смены популяции диких животных в различные временные периоды, а также особенности маркеров для собак, выявление микрорегиональных особенностей на памятниках в рамках ареала около 150 км.

Исследования п. Ракушечный Яр выполнены при поддержке РФФИ-ФДНЧ (проект №21-59-22008), исследования неолитических коллекций Днепро-Двинского междуречья выполнены при поддержке РНФ (проект №22-18-00086).

ЛИТЕРАТУРА

Price T. D., Burton J. H., Bentley R. A., 2002. The characterization of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration // Archaeometry. Vol. 44. P. 117–35.

Dolbunova E. V., V.V. Tsybryi, A.N. Mazurkevich, A.V. Tsybryi, J. Szmańda, P. Kittel, M. Zabilska-Kunek, M.V. Sablin, S.P. Gorodetskaya, C. Hamon, J. Meadows., 2020. Subsistence strategies and the origin of early Neolithic community in the lower Don River valley (Rakushechny Yar site, early/middle 6th millennium cal BC): first results // Quaternary international. Vol. 541. P. 115–129.

Kittel P., Mazurkevich A., Gauthier E., Kazakov E., Kublitskiy Y., Rządkiwicz M., Mroczkowska A., Okupny D., Szmańda J., Dolbunova E., 2023. A deep history within a small wetland: 13 000 years of human-environment relations on the East European Plain // Antiquity. Vol. 97 (391). e3. P. 1–8.

А. В. Епимахов, Е. О. Васючков

**Люди и животные бронзового века
Зауралья по данным стабильных
изотопов
(Микрорайон у с. Степное)**

Ключевые слова: изотопный анализ, экономика, диета, бронзовый век.

Изучение пищевого поведения людей и коллективов по материалам археологии возможно в разнообразных аспектах и различными методами, включая анализ стабильных изотопов. Хотя бронзовый век Южного Зауралья не обойден вниманием, до создания полной картины пока далеко. Мы представляем результаты анализа костных материалов одного из самых изученных микрорайонов данной территории у с. Степное (Пластовский район Челябинской области) (Куприянова, Зданович, 2015; Куприянова, 2016; Куприянова и др., 2020).

35 образцов людей и домашних травоядных животных отобраны из трех могильников (синташтинская, петровская, алакульская и срубная культуры). Это сопоставимо с наиболее полно и широко исследованными памятниками региона (*Ventresca Miller et al.*, 2017; *Hanks et al.*, 2018 etc.). Аналитические работы проведены в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН ($n = 22$), лабораториях университетов Оксфорда ($n = 10$) и Аризоны ($n = 3$) (Епимахов и др., 2021). Сходство радиоуглеродных дат и единство места позволяют рассмотреть серию суммарно. Два измерения в силу разных причин

были исключены из рассмотрения. Усредненные значения для серии в целом представлены ниже (табл. 1).

Результаты иллюстрируют существенный сдвиг значений между травоядными животными и людьми в соответствие с логикой продвижения по пищевой цепи. Уверенно выделяются две группы, о чем надежно сигнализируют различия в медианных значениях $\delta^{15}\text{N}$ по людям и животным: $11,66 \pm 0,79$ и $4,57 \pm 1,22$, в меньшей степени $\delta^{13}\text{C}$ ($-19,35 \pm 0,21$ и $-20,18 \pm 0,48$).

*Таблица 1.
Описательная статистика по выборке
С/Н измерений в микрорайоне Степное
в целом (без статистических выбросов)*

Показатель	Люди (15)		Животные (18)	
	$\delta^{13}\text{C}$ (VPDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (Air)	$\delta^{13}\text{C}$ (VPDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (Air)
Max	-19,11	13,10	-19,35	7,81
min	-19,82	10,20	-21,01	3,02
mediana	-19,35	11,66	-20,18	4,57
SD	0,21	0,79	0,48	1,22

Анализ групп, сформированных по археологическим культурам, мало информативен ввиду немногочисленности некоторых из них (рис. 1).

Тем не менее, диагностирована высокая вариативность $\delta^{15}\text{N}$ для животных петровской культуры, достигнутая отчасти за счет видового разнообразия. Второе наблюдение — общий сдвиг средних значений $\delta^{13}\text{C}$ выборки синташтинских людей и животных относительно петровских. Эта разница, видимо, отражает различия в диете домашних животных и, как следствие, сдвиг

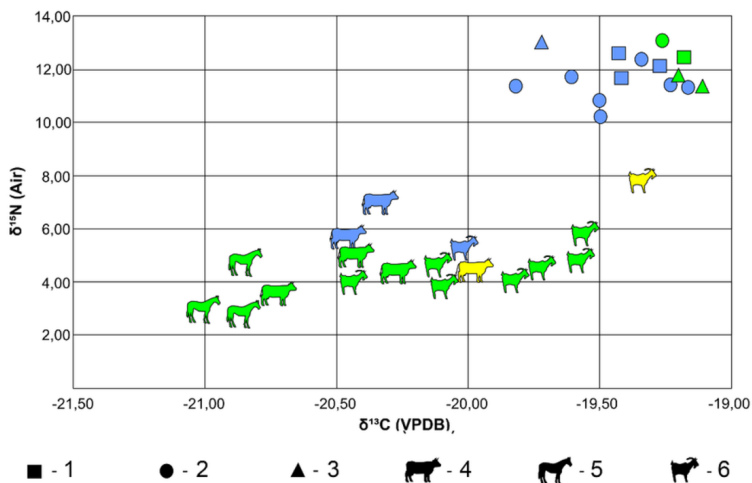


Рис. 1.

значений для потребителей животного белка. Выявлено также, что показатели $\delta^{13}\text{C}$ разнятся для различных видов животных: для лошадей — $-20,85 \pm 0,09$, КРС — $-20,39 \pm 0,23$, МРС — $-19,82 \pm 0,33$. Предварительно мы интерпретируем этот факт, как отражение раздельного выпаса.

Статистически достоверная выборка пригодная для сравнительного анализа происходит из синхронного синташтинского могильника Каменный Амбар-5, расположенного примерно в 140 км южнее (Hanks et al., 2018). Сравнение групп значений позволяет констатировать различия по $\delta^{13}\text{C}$, особенно ярко проявляющиеся в отношении людей. Наблюдается общий сдвиг значений в сторону увеличения. Для животных эта тенденция прослеживается менее отчетливо. При этом, выявлена закономерность, аналогичная памятникам в микрорайоне

Степное: размещении на графике по видам домашних животных — от самых низких значений к самым высоким (лошадь — КРС — МРС). Разница между памятниками в целом может быть обусловлена как локальными традициями диеты, так и различиями климата и ландшафта. Микрорайон Степное расположен на границе степи и лесостепи, а Каменный Амбар — в степной зоне. Среди насущных вопросов, требующих пристального внимания в ходе будущих исследований — оценка вклада продуктов водного происхождения и дикорастущих ресурсов. Для первого мы располагаем единичными измерениями костей рыбы периода бронзового века (*Svyatko et al.* 2022), для второго пока не сделано и этого.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ, проект «Миграции человеческих коллективов и индивидуальная мобильность в рамках мультидисциплинарного анализа археологической информации (бронзовый век Южного Урала)».

ЛИТЕРАТУРА

Епимахов А. В., Куприянова Е. В., Хоммель П., Хэнкс Б. К., 2021. 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 / отв. ред. Е. В. Куприянова. Челябинск: Изд-во ЧелГУ. С. 7–29.

Куприянова Е. В., 2016. Погребальные практики эпохи бронзы Южного Зауралья: могильник Степное-1 (раскопки 2008, 2010–2011, 2014 гг.). Челябинск: Энциклопедия. 119 с.

Куприянова Е. В., Зданович Д. Г., 2015. Древности лесостепного Зауралья: могильник Степное VII. Челябинск: Энциклопедия. 200 с.

Куприянова Е. В., Стоколос В. С., Петров Н. Ф., Батанина Н. С., 2020. Могильник Степное 25: культурный синкретизм на границе степи. Коллективная монография / Под общ. ред. Е. В. Куприяновой. Челябинск: Изд-во ЧелГУ. 155 с.

Hanks B.K., Ventresca Miller A., Judd M., Epimakhov A., Razhev D., Privat K., 2018. Bronze Age Diet and Economy: New Stable Isotope Data from the Central Eurasian Steppes (2100–1700 BC) // *Journal of Archaeological Science*. Vol. 97. P. 14–25. DOI: 10.1016/j.jas.2018.06.006

Svyatko S. V., Reimer P. J., Schulting R. J., Shevnina I., Logvin A., Voyakin D., Stobbe A., Merts I. V., Varfolomeev V., Soenov V., Tsydenova N., 2022. Freshwater reservoir effects in archaeological contexts of Siberia and the Eurasian steppe // *Radiocarbon*. Vol. 64 (2). P. 377–388. DOI: 10.1017/RDC.2022.21

Ventresca Miller A., Hanks B. K., Judd M., Epimakhov A., Razhev D., 2017. Weaning practices among pastoralists: New evidence of infant feeding patterns from Bronze Age Eurasia // *American Journal of Physical Anthropology*. Vol. 162. Iss.3. P. 409–422. DOI: 10.1002/ajpa.23126

**Д. В. Киселева, Е. С. Шагалов,
Т. Г. Окунева, Н. Г. Солошенко,
Е. А. Панкрушина, А. Д. Рянская**

**Расширение базы данных изотопных
отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ биодоступного
стронция на территории Российской
Федерации**

Ключевые слова: изоскейпы, изотопный состав стронция, базы данных.

Изотопные отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ демонстрируют уникальные закономерности вариаций на земной поверхности в зависимости от геологического возраста и литологии подстилающих пород, которые с различной степенью достоверности могут быть предсказаны и смоделированы (*Bataille et al.*, 2020; *Bataille, Bowen*, 2012). По мере взаимодействия горных пород с гидросферой, атмосферой и биосферой стронций из коренных пород переносится в другие поверхностные резервуары, такие как почвы и растения (*Bataille et al.*, 2020). В последние несколько десятилетий исследователи из различных областей науки широко используют потенциал изотопных отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для отслеживания мобильности и/или географического происхождения биогенных образцов для решения новых вопросов в экологии и палеоэкологии, археологии, криминалистике, аутентификации пищевых продуктов (*Bentley*, 2006; *Hobson et al.*, 2010). Все эти предположения основаны на сравнении $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ исследуемого образца с изотопными отношениями

стронция в его потенциальных источниках (фоновые или базовые линии, изоскейпы). При этом отношение $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ в каждой конкретной пробе не является результатом процессов изотопного фракционирования, а отражает смешение изотопно-различных источников стронция (*Bataille et al.*, 2020).

В рамках работ по построению изоскейпов для различных регионов Российской Федерации коллективом авторов ежегодно проводятся полевые экспедиции, осуществлен сбор образцов, характеризующий биодоступный стронций (растительность, почва, поверхностная и подземная вода, а также костные и зубные остатки современной фауны, раковины моллюсков, горные породы) на территории Курганской, Свердловской, Оренбургской и Ростовской областей. Начат сбор образцов в отдельных районах Челябинской, Тюменской, Омской областей и республики Башкортостан. В инициативном порядке участниками научного коллектива собраны образцы с Полярного Урала (Салехард, Шурышкарский район, Ямало-Ненецкий автономный округ), Камчатки (отдельные районы). На территории российского Причерноморья и западного Кавказа (Краснодарский край, республики Крым и Адыгея) проведен сбор образцов биодоступного стронция. Отдельное внимание уделено территориям памятников Херсонес Таврический, Пантикапей, Фанагория на Таманском полуострове и станицы Новосвободная на территории Адыгеи, а также пещерных городов Эски-Кермен, Чуфут-Кале. Получено несколько пересечений через западную часть Кавказских гор.

Пробоподготовка и изотопный анализ стронция методом мультиколлекторной ИСП-МС (Neptune Plus) проведен в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН (Екатеринбург) в соответствии с принятыми протоколами (*Киселева и др.*, 2021).

С использованием программного обеспечения Surfer построены карты распределений $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ на территориях исследованных регионов России. Для интерполяции первичной карты вариаций изотопов стронция использован метод кригинга (кригинг с неизвестным средним) с линейной вариограммой.

Подобная коллекция образцов биодоступного стронция по широте охвата территорий является уникальной для Российской Федерации. Созданная на основе анализа такой коллекции база данных по биодоступному стронцию может быть использована для исследования происхождения и мобильности групп и отдельных индивидов в археологии, экологии, а также для аутентификации и выявления фальсификатов пищевых продуктов, оценки масштабов антропогенного загрязнения водных ресурсов.

Работа поддержана РФФ, проект №22-18-00593.

ЛИТЕРАТУРА

Киселева Д. В., Анкушева П. С., Анкушев М. Н., Окунева Т. Г., Шагалов Е. С., Касьянова А. В., 2021. Определение фоновых изотопных отношений биодоступного стронция для рудника бронзового века Новотемирский // Краткие сообщения Института археологии 263:176—187. DOI: 10.25681/IARAS.0130—2620.263.176—187

Bataille C.P., Bowen, G.J., 2012. Mapping $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ variations in bedrock and water for large scale provenance studies // Chem. Geol. 304—305:39—52.

Bataille C.P., Crowley B.E., Wooller M.J., Bowen G.J., 2020. Advances in global bioavailable strontium isoscapes // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 555:109849.

Bentley R.A., 2006. Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: a review // *J. Archaeol. Method Theory* 13:135–187.

Hobson K.A., Barnett-Johnson R., Cerling T., 2010. Using isoscapes to track animal migration. In: *Isoscapes: Understanding Movement, Pattern, and Process on Earth through Isotope Mapping*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 273–298

**Н. Г. Свиркина,
В. И. Данилевская**

**О проблемах и перспективах
отечественных изотопных исследований
биоархеологических материалов**

Ключевые слова: $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$, базы данных.

В последние десятилетия оценка соотношения стабильных изотопов углерода и азота органических археологических материалов служит одним из основных инструментов реконструкции специфики рациона питания древнего и средневекового населения, особенностей образа жизни людей и животных.

При накоплении большого объема информации актуальным становится создание баз данных, в которых будут собраны верифицированные первичные изотопные показатели. В настоящее время существует ряд крупных открытых баз, объединяющих массивы первичных определений и метаданных (например, IsoArcH, ARCHIPELAGO). Однако результаты изотопных исследований с территории России в них представлены скудно. В связи с этим вопрос о создании аналогичных отечественных ресурсов и включения их в процесс открытого обмена информацией становится острее. Для старта процесса объединения публикуемых сводов данных по результатам аналитических исследований в единую базу необходимо разработать стандарт представления.

Нами проанализированы 53 публикации отечественных авторов, вышедшие с 2010 по 2022 гг. Представленные в этих работах результаты изотопных исследований,

охватывают широкий хронологический диапазон (от среднего палеолита до Нового времени). Общее число археологических памятников — 185, из которых происходит — 2442 образца. Большинство из них (68,5%) принадлежали человеку, остальные представлены фауной, растительными остатками, нагарами. Костная ткань является основным источником для изотопного анализа. В ряде публикаций отсутствует информация о методике пробоподготовки, приборной базе и характере материала. Если разные варианты экстракции коллагена из костной ткани в малой степени влияют на результаты (например, *Jørkov et. all, 2007; Sealy et. All, 2014*), то значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ коллагена и апатита (или кости без выделения коллагена) могут сильно различаться (например, *Ambrose, Norr, 1993; Goude et. all, 2016*).

В 40 из 53 работ предоставлены 1483 индивидуальных значений по $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$, что составляет менее 60% от общего числа образцов, из которых только у 43% указаны атомные соотношения $\text{C}:\text{N}^1$, %C и %N. Почему они важны? $\text{C}:\text{N}^{\text{Natom}}$ многими специалистами считается одним из основных критериев показателей качества коллагена и для древних образцов имеет допустимый диапазон от 2,9 до 3,6 (например, *DeNiro, 1985; Ambrose, 1991*). Другой немаловажный показатель — %C и %N. Значения первого, по мнению исследователей, должно находиться в пределах 13–47, второго 4/5–17 (*Ambrose, 1991; Guiry, Szpak, 2020*). Недоступность индивидуальных данных, информации, позволяющей оценить качество коллагена, вынуждает с осторожностью относиться к возможности работы с опубликованными результатами.

¹ Может быть рассчитан, если есть данные о массовом соотношении C/N

За последние 13 лет отечественными исследователями проделана большая работа по исследованию органических объектов из археологических памятников. Накоплен значительный массив данных. Очевидна необходимость открытого обмена результатами индивидуальных определений с полным информационным сопровождением. Это позволит создать качественный источник, который может использоваться широким кругом исследователей.

ЛИТЕРАТУРА

Ambrose S.H., 1991. Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs // *Journal of Archaeological Science*. Vol. 18. P. 293–317.

DeNiro M.J., 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction // *Nature*. Vol. 317. P. 806–809.

Guiry E., Szpak P., 2020. Quality Control for Modern Bone Collagen Stable Carbon and Nitrogen Isotope Measurements // *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 11. Iss. 9. P. 1049–1060.

Jørkov M.L., Heinemeier J., Lynnerup N., 2007. Evaluating bone collagen extraction methods for stable isotope analysis in dietary studies // *Journal of Archaeological Science*. Vol. 34. P. 1824–1829.

Sealy, J., Johnson, M., Richards, M., Nehlich, O. 2014. Comparison of two methods of extracting bone collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis: comparing whole bone demineralization with gelatinization and ultrafiltration. *Journal of Archaeological Science*. 47. P. 64–69.

Ambrose S.H., Norr L., 1993. Experimental Evidence for the Relationship of the Carbon Isotope Ratios of Whole Diet and Dietary Protein to Those of Bone Collagen and

Carbonate // Prehistoric Human Bone / J.B. Lambert, G. Grupe (Eds.). Berlin, Heidelberg: Springer. P. 1–37.

Goude, G., Rey, L., Toulemonde, F., Cervel, M., Rottier, S., 2016. Dietary changes and millet consumption in northern France at the end of Prehistory: Evidence from archaeobotanical and stable isotope data. *Environmental Archaeology*, 22 (3), 268–282.

**А. О. Хотылев, С. В. Ольховский,
А. А. Майоров, Ф. С. Щепелев**

**Геологические, изотопные
и геохимические данные как способ
установления регионов импорта
каменного материала**

Ключевые слова: северное причерноморье, торговые связи, минеральное сырье.

Фанагория, основанная греческими переселенцами в VI в. до н.э., на протяжении нескольких веков была крупнейшим городом Азиатского Боспора и центром транзитной торговли, обеспечивавшим товарооборот между Средиземноморьем, Меотидой и Прикубаньем (рис. 1). Масштаб этой торговли потребовал наличия соответствующей инфраструктуры: в IV—III вв. до н.э. напротив центральной части города был сооружен каменный причал длиной 185 м, шириной 60 м, высотой не менее 2,5 м. Масса каменного материала, использованного для строительства этого объекта, по нашей оценке, составляет до 50 000 тонн (*Khotylev, Olkhovskiy, 2020; Хотылев и др., 2022*).

Отсутствие на Таманском полуострове месторождений строительного камня подходящего качества и объемов заставляет предположить, что строительный материал поступал в Фанагорию из иных регионов. При этом в известных письменных источниках отсутствуют упоминания как о поставках строительного камня на Азиатский Боспор, так и вообще о практике импорта/экспорта подобного материала на дальние дистанции. Нет призна-

ков массовых перевозок такого камня и среди данных об античных кораблекрушениях. В связи с этим единственным источником информации о происхождении камня могут являться только результаты исследований самого каменного материала.

В изученную выборку попали 770 фрагментов строительного камня размером более 5 см поднятых из тела причала. Породы представлены широким спектром типов — известняками, песчаниками, базальтами, андезитами, дацитами, риолитами, гранитами, гранодиоритами, мраморами, амфиболитами, гнейсами и рядом иных промежуточных разностей. В связи с очень разным геологическим происхождением пород, для отдельных типов были использованы разные комплексы лабораторных исследований, но с общей целью — по возможности максимально точно установить локацию, откуда были привезены те или иные разности.

Для определения места отбора осадочных пород (известняков и мергелей) был использован микрофаунистический анализ. Для этого из образцов были выделены раковины фораминифер и определена их видовая принадлежность. Так как подобная микрофауна имеет достаточно высокую временную и площадную изменчивость, то фаунистический комплекс является достаточно точным маркером, позволяющим с приемлемой точностью установить место происхождения пород. Сведения об осадочных образованиях Черноморского региона и специфика микрофаунистических комплексов в изученной серии образцов позволили сделать вывод, что изучаемые породы сформировались не в Крыму и не в Предкавказье. На это указывает практически полное отсутствие бентосных фораминифер, что нехарактерно для пород Крымско-Кавказского региона. По этой же причине подавляющая часть верхнемеловых комплексов Турции не могли являться источником для

этого камня, так как там развиты более прибрежные комплексы, а в образцах выделены комплексы характерные для открытого моря. Нам удалось установить, что некоторые из мергелей были привезены из района г. Хопа (северная Турция, близ границы с Грузией), а другие — с побережья Турции восточнее острова Родос (Хотылев и др., 2023).



Рис. 1. Карта основных торговых контрагентов Босфора в V—III вв. до н. э. Курсив — названия античных полисов; звезды — предполагаемые места отбора строительного камня

Для анализа андезитов, базальтов, дацитов и гранодиоритов был использован комплекс лабораторных анализов, включающий в себя анализ химического состава пород, анализ Sr—Nd изотопной системы и определение возраста формирования пород по U—Pb и K—Ar изотоп-

ным системам. Далее было проведено сравнение наших данных с опубликованными сведениями о составе, возрасте и геохимических особенностях пород, развитых на побережьях Черного, Эгейского и Мраморного морей.

В результате было установлено, что андезиты были привезены с острова Эгина в Афинском заливе (Хотылев и др., 2022). Вулканические породы субщелочной и щелочной серии, отвечающие по составу базанитам–фонотефритам, в значительном количестве найденные в конструкции фанагорийского причала, в пределах Южно-Эгейской островной дуги отсутствуют. Судя по возрасту, который составил 80–86 млн. лет, и структурно-текстурным особенностям, эти разности могли быть привезены с северного побережья Турции, из района города Трапезунда (Трабзон).

Примечательно, что не обнаруживается импорта с ближайших территорий. Исключение составляют органогенные известняки, очень похожие на добывающиеся в Керчи (Пантикапей). Остальные же разности, несмотря на то, что в Крыму они присутствуют, выходят на побережьях (мергели, вулканические породы), тем не менее, по каким-либо причинам оттуда не поставлялись.

ЛИТЕРАТУРА

Хотылев А. О., Ольховский С. В., Майоров А. А., Хотылев О. В., Хубанов В. Б., 2022. Применение методов изотопной геохронологии для локализации регионов импорта каменного материала // Российские нанотехнологии. Т. 17. №5. С. 603–615

Хотылев А. О., Копеевич Л. Ф., Латыпова М. Р., Прошина П. А., Майоров А. А., Ольховский С. В., Щенелев Ф. С., 2023. Поставки строительного камня в Северной Причерноморье в середине 1-го тысячелетия до н.э.

по данным микропалеонтологического анализа // Вестн. МГУ. Сер. 4: Геология. №1 (в печати)

Khotylev A., Olkhovskiy S., 2020. Geological Studies as a Source of Data on the Maritime Trade between the Cimmerian Bosphorus and the Mediterranean in the 1st Millennium BCE // Skylis V. 20. P. 97–107.

**Н. И. Шишлина, А. А. Строков,
Д. А. Куприянов,
Н. Г. Солошенко, Д. В. Киселева**

**Вариации отношений изотопов
стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
в археологической древесине: первые
результаты**

Ключевые слова: Сальские степи, эпоха бронзы, археологическая древесина.

Ксилотомический анализ и определение вариаций отношений изотопного состава стронция в археологической древесине позволяют реконструировать местные ландшафты и выявить использование местных/неместных ресурсов населением Сальских степей в эпоху бронзы, раннего железного века и в средневековье.

В проанализированной выборке образцов древесины из погребений преобладает дуб, вяз, реже лох; реже — осина и клен; сосна, липа, береза, ива, ясень. Определение вариаций отношений изотопов стронция в 16 образцах позволяет обсудить, была ли такая древесина местной или привозной. Полученные данные сравнивались с фоновыми показателями вариаций изотопных отношений стронция в разных элементах местной экосистемы.

Вариации $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в образцах древесины из курганов могильников Песчаный V и IV практически идентичные; чуть выше, чем в образце древесины современного лоха и полыни, но ниже вариаций отношений изотопов стронция в верхнем горизонте современной почвы

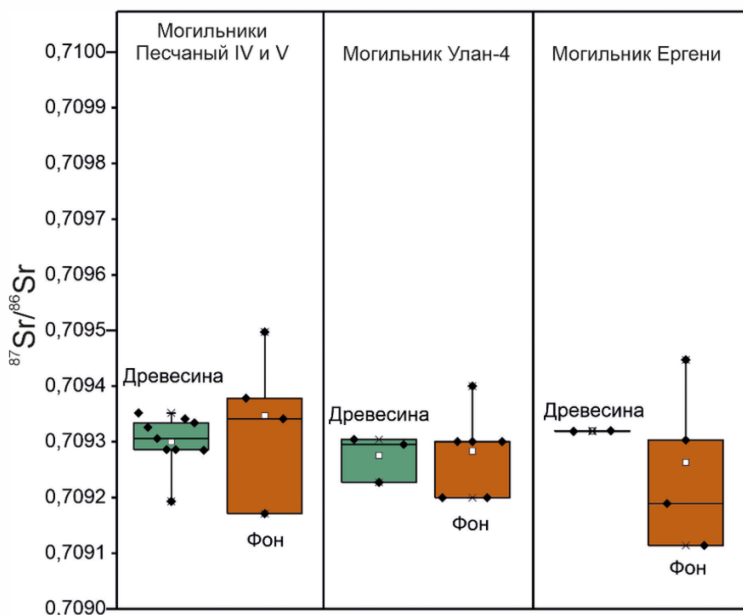


Рис. 1. Отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в исследованных образцах археологической древесины из курганов эпохи бронзы, раннего железного века и средневековья (Республика Калмыкия, Средние Ергени; Ремонтненский район Ростовской области) и в соответствующих фоновых образцах биодоступного стронция в виде «ящика с усами» (box-and-whiskers plot). Границами ящика служат первый и третий квартили (25-й и 75-й процентиля соответственно), точка в середине ящика — медиана, а «усы» — \pm два стандартных отклонения.

и произраставшей на ней злаковых и полыни (рис. 1). Такие различия в изотопном составе разных элементов экосистемы, могут объясняться смешением в них источ-

ников стронция, влиянием вторичных продуктов выветривания и химических удобрений (Најј et al., 2017), эрозией верхнего слоя современной почвы из-за перевыпаса крупного и мелкого рогатого скота.

Результаты исследования позволяют высказать предположение, что для строительства и поделок использовались деревья, которые произрастали поблизости курганов.

Вариации $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в образцах клена и дуба из Улана IV совпадают с местными изотопными метками, что также указывает на использование местной древесины.

Вариации изотопных отношений стронция в двух образцах осины из могильника Ергени одинаковы: 0,7093 и попадают в интервал изотопных отношений стронция в разных образцах местной экосистемы.

С точки зрения ареалов древесных видов бóльшая часть исследованных предметов сделана из коренных для районов расположения памятников древесных пород. Экологическая ниша большинства пород как в настоящее время, так и в прошлом приурочена к балкам и оврагам (лох) или поймам рек (дуб, вяз, клен, ясень, осина).

Исключением являются обнаруженные фрагменты древесины тополя (осины) в могильнике Ергени и сосны в могильнике Песчаный IV. Оба памятника в настоящий момент находятся за пределами ареалов указанных видов (*San-Miguel-Ayanz et al.*, 2016; *Ареалы...*, 1977). Однако палеоботанические реконструкции, основанные на спорово-пыльцевом анализе голоценовых отложений в западной части долины Маныча показывают (*Демина и др.*, 2009), что сосна присутствует в локальных типах растительности в момент функционирования могильника Песчаный IV, а осина — в спорово-пыльцевых спектрах в момент функционирования могильника Ергени. В то же время нельзя достоверно исключать неместное происхождение данной древесины, однако использова-

ние привозной древесины для сооружения перекрытий погребения представляется маловероятным.

С бóльшей долей вероятности примером неместной древесины является колчан, сделанный из липы и обтянутый берестой. Район расположения могильника Песчаный IV в настоящее время находится вне ареалов березы и липы (*San-Miguel-Ayanz et al.*, 2016; *Ареалы...*, 1977). Вероятней всего, колчан был изготовлен в районах, расположенных севернее. Несмотря на то, что в более холодные периоды липа присутствовала в спорово-пыльцевых спектрах в районе озера Маныч, в субатлантический период, в эпоху средневековья, ее присутствие в составе растительных сообществ не отмечается (*Демина и др.*, 2009). П

Заключение. Проведенное исследование образцов древесины позволяет включить лесные ресурсы этих территорий в объекты активного использования человеком. Для соблюдения правил погребального обряда люди древних эпох срубали те деревья, которые росли поблизости — клен, ясень, иву, вяз, лох, дуб. Из них мастерили настилы на дне могилы, заслоны входа в камеры катакомбы, перекрытия могил. Важным результатом исследования является идентификация местного происхождения древесины — клена, дуба, ясеня, пошедшего на изготовление деталей повозки катакомбной культуры из могильника Улан IV. Таким образом, повозка, вероятно, была сделана в Сальско-Манычских степях.

Примечание. Исследование проведено при поддержке грантов РФФ, проекты №21-18-00026 (анализ контекста и определение древесины) и №22-18-00593 (апробация методики определения вариаций отношений стронция).

ЛИТЕРАТУРА

Демина О. Н., Шилова Г. Н., Чепалыга А. Л., Лаврентьев Н. В., Цыбрий В. В., 2009. Результаты палинологического анализа и палеоботанические реконструкции в районе позднепалеолитической стоянки Юловская (долина западного Маньча) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. №4. С. 106–111.

Соколов С. Я., Связева О. А., Кубли В.А и др. 1977 Ареалы деревьев и кустарников СССР,. Л: Изд-во Наука. ЛО. 164 с.

Hajj F., Poszva A., Bouchez J., Guérolde F., 2017. Radiogenic and «stable» strontium isotopes in provenance studies: A review and first results on archaeological wood from shipwreck // Journal of Archaeological Sciences. №86. P. 24–49.

San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudull, G., Durrant T. H., Mauri A., Tinner W., Ballian D., Beck P., Birks H., Eaton E., 2016. European atlas of forest tree species. Publication Office of the European Union. 200 p.

**С. В. Шнайдер,
А. А. Черноносков,
С. В. Баранова, Г. А. Олейник,
О. В. Ершова, Ю. Срывкина,
В. В. Коваль**

**Лаборатория ZooMS ИАЭТ СО РАН —
первые результаты работы**

Ключевые слова: археология, ZooMS, пептид, коллаген.

В последнее десятилетие среди биоархеологических анализов получил широкое распространение метод зооархеологии с использованием масс-спектрометрии (Zooarchaeology by Mass Spectrometry, ZooMS), в основе которого лежит анализ пептидной последовательности белка коллагена и который используется для видовой идентификации костей, зубов, кожи и рогов. Часто случается так, что отсутствие необходимых морфологических признаков не позволяет специалисту определить, к какому именно виду или таксону принадлежат кости. Морфологические признаки могут отсутствовать из-за сильной раздробленности либо деформации кости. Методика ZooMS показала свою эффективность при изучении проблемы раннего скотоводства (*Buckley et al.*, 2010; *Buckley, Larkin, Collins*, 2011), при идентификации костей человека среди многочисленных палеофаунистических коллекций (*Brown et al.*, 2016), при идентификации сырья, использовавшегося для производства орудий и украшений (*Desmond et al.*, 2018). Начиная с 2021 г. в Институте архео-

логии и этнографии СО РАН была открыта международная лаборатория ZooSCAN Института археологии и этнографии СО РАН, одним из направлений работы которой является проведение ZooMS анализа совместно с Центром масс-спектрометрического анализа Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН.

Пробоподготовка образцов для ZooMS анализа соответствует протоколу, изложенному в работе М. Бакли (*Buckley et al.*, 2009) и после усовершенствованному С. Браун и коллегами (*Brown et al.*, 2020).

Масс-спектрометрический анализ проводился в отраженном режиме в диапазоне масс 700–4000 Да на MALDI-TOF масс-спектрометре Bruker Autoflex Speed (Bruker Daltonics), который располагается в Центре масс-спектрометрического анализа Объединенного Центра геномных, протеомных и метаболомных исследований ИХБФМ СО РАН, Новосибирск.

В лаборатории возможно проведение анализов остатков кожи, костей, костной трухи, фрагментов костяных украшений и орудий. Требования к образцам минимальны — для анализа необходимо 10–20 мг образца, образцы должны быть не жженые, требований к возрасту образца нет.

«Слепой анализ» образцов для проверки работы лаборатории проведен на основе анализа микокских материалов со стоянки Жонзак (Ше-Пино; юго-запад Франции) (*Rendu et al.*, 2023). Всего было отобрано 76 экз. морфологически определимых костей, в 73 случаях данные ZooMS и зооархеологического анализа совпали в двух случаях результаты ZooMS позволили подкорректировать определения зооархеологов и в одном случае ZooMS определения не были сделаны до уровня рода.

На настоящий момент в лаборатории проанализировано 697 образцов, которые происходят из 38 памятни-

ков (рис. 1), при этом с шести памятников были проанализированы остатки кожи. Хронологически данные образцы относятся к периоду от 200 тыс. л.н. до 18 в. Анализ образцов кости получился со всех памятников, за исключением мезолитических объектов Восточного Прикаспия и стоянок Кульбулак (нижняя пачка отложений) и Тайлеп-2. Что в первую очередь обусловлено плохой сохранностью коллагена в образцах. Для остальных образцов были получены результаты, в большинстве случаев удалось идентифицировать останки животных до рода.



Рис. 1. Карта памятников для образцов, с которых проводился ZooMS-анализ в Лаборатории ИАЭТ СО РАН

Таким образом, метод ZooMS позволяет значительно облегчить видовую идентификацию археологических образцов, и становится незаменимым помощником при изучении памятников. Работы, проводимые в лаборатории ZooMS ИАЭТ СО РАН позволяют развивать метод

ZooMS и расширять его использование в археологических исследованиях.

Благодарности: Пробоподготовка для ZooMS анализа проведена при поддержке гранта Президента РФ МК-882.2022.2 «Новый алгоритм изучения костяных орудий на примере неолитических комплексов горной части Центральной Азии», анализ образцов с территории Центральной Азии проведен при поддержке проекта РНФ №19-78-10053 «Происхождение производящего хозяйства в горной части Центральной Азии».

ЛИТЕРАТУРА

Buckley M., Collins M., Thomas-Oaies J., Wilson J.C., 2009. Species identification by analysis of bone collagen using matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight mass spectrometry // *Rapid Communications in Mass Spectrometry.* №23. P. 3843—3854.

Buckley M., Kansa S. W. Howard S., Campbell S., Thomas-Oates J., Collins M., 2010. Distinguishing between archaeological sheep and goat bones using a single collagen peptide // *Journal of Archaeological Science.* №37. P. 13— 20.

Buckley M., Larkin N., Collins M., 2011. Mammoth and Mastodon collagen sequences; survival and utility // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* №75. P. 2007—2016.

Brown S., Higham T., Slon V., Pääbo S., Meyer M., Douka K., Brock F., Comeskey D., Procopio N., Shunkov M., Derevianko A., Buckley M., 2016. Identification of a new hominin bone from Denisova Cave, Siberia using collagen fingerprinting and mitochondrial DNA analysis // *Scientific Reports.* №6. P. 1—8.

Desmond A., Barton N., Bouzouggar A., Douka K., Fernandez P., Humphrey L., Morales J., Turner E., Buckley M., 2018. ZooMS identification of bone tools from the North African Later Stone Age // *Journal of Archaeological Science.* №98. P. 149—157.

Rendu W., Renou S., Koliashnikova A., Baumann M., Plisson H., Soulier M.-C., Discamps E., Gicqueau A., Augoyard M., Bocquel M., Guérin G., Shnaider S., Kolobova K., 2023. Neanderthal subsistence at Chez-Pinaud Jonzac (Charente-Maritime, France): a kill site dominated by reindeer remains, but with a horse-laden diet? // Frontiers Ecology and Evolution. Sec. Paleoecology. P. 1–35

Н.Б.Щербаков, И. А. Шутелева

**Вариативность показателей стабильных
изотопов у населения археологического
микрорайона Срубно-Алакульской
культурной группы на территории
Башкирского Приуралья**

Ключевые слова: археозоология, изотопный состав азота и углерода, поздний бронзовый век.

Проблемы анализа стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) биоархеологических материалов позволяет определить палеодиету древних социумов, хозяйство и социальное поведение. Исследование было проведено на территории Казбуруновского археологического микрорайона, расположенного в Башкирском Приуралье. Памятники археологического микрорайона объединены течением реки Уршак и ее правого притока реки Белый Ключ, на протяжении 12 км. Высокая концентрация памятников археологии, 7 поселений, 7 курганных могильников (всего 72 кургана), расположенных в сходных ландшафтных условиях (*Гольева и др.*, 2018. С. 45 — 58). Фокус исследования был сконцентрирован на памятниках позднего бронзового века, в культурно-хронологическом отношении соотносимых со срубно-алакульской контактной зоной и периодом XIX — XVII вв. до н.э.

Хозяйство представителей как срубной, так и алакульской археологических культур связано с домашним скотом. Крупные поселения и курганные могильники Казбуруновского археологического микрорайона демонстрируют развитое сельское хозяйство, представленное,

прежде всего, домашним скотом. Обнаруженный на поселениях богатый остеологический материал представил сочетание в рационе домашних и диких животных. Анализ остеологического материала Мурадымовского поселения показал, наличие охотничье-промысловой фауны (кабан, заяц, медведь, косуля, лось, северный олень, кулан, бобр, лиса, волк), использовавшейся для получения дополнительного мясного продукта. Преобладающим в потреблении был крупный рогатый скот, лошади, затем овцы, козы и свиньи. Крупный рогатый скот на момент убоя был, в большинстве своем, представлен взрослыми (старше 4-х лет) и почти взрослыми (до 3,5 лет) особями, годовалые особи занимали менее 10% (Петренко, 2007. С. 35 — 36). К сходным выводам пришел и П. А. Косинцев (2017. С. 230), ставя на первое место в жизни человека Мурадымовского поселения крупный рогатый скот (45% стада), затем лошадь (33% стада), мелкий рогатый скот (21% стада) и свинью (0,4%).

Преобладание в придомном стаде крупного рогатого скота могло использоваться населением позднего бронзового века и как источник молока, а не только мяса. Но, проведенные aDNA анализы погребенных на памятниках Казбуруновского археологического микрорайона, показали доминирование (90%) лактазной интолерантности (*Krzewińska et al.*, 2018. P. 1 — 12), что демонстрирует ранний этап развития пасторализма.

Проблемы социальной организации, индивидуализации ранних социумов и реальной палеодиеты населения позднего бронзового века могут быть частично решены в результате изотопного анализа. Изотопный анализ был проведен на группе из 11 индивидов, из которых антропологический материал 9 происходит из погребений курганов №№4, 5 и 23 Казбуруновских I курганов, два индивида связаны с валом Мурадымовского поселения (*Щербаков, Шутелева*, 2020. С. 361 — 363). Исследован-

ная группа состояла из представителей обоих биологических полов, и включала в себя двух детей в возрасте 9 — 10 (12) лет. В исследованной группе были проведены палеогенетические исследования, позволившие уточнить биологический пол всех членов группы. Результаты распределились следующим образом: женский пол — пять индивидов, в том числе двое детей, мужской пол — шесть взрослых (*Krzewińska et al.*, 2018. P. 1 — 12). В ходе исследования у двух индивидов были получены результаты изотопного состава коллагена корня зуба и фрагментов компакты бедренной кости. У остальных девяти были проведены анализы только фрагментов компактной части трубчатой бедренной кости.

Анализ стабильных изотопов представителей двух однокультурных, но генетически не родственных соседних групп населения показал практически полное отсутствие изменчивости в них. Социальные группы исследуемого социума по результатам исследования не обладали выраженным делением по половозрастным группам, после отказа от молочной диеты и перехода на мясное питание у детей.

Все проанализированные индивиды демонстрируют устойчивый показатель $\delta^{13}\text{C}$, который варьируется в пределах от 19,0‰ до 19,7‰. Чуть большей вариативностью обладает показатель $\delta^{15}\text{N}$, значения которого располагаются в пределах от 10,4‰ до 12,6‰. Исходя из исследований М. В. Добровольской и И. К. Решетовой (*Добровольская, Решетова*, 2019. С. 34 — 42), мы можем, приняв их точку зрения, предполагать, что величины показателя $\delta^{13}\text{C}$ демонстрируют отношение к флоре типа фотосинтеза C_3 , и как уточняют авторы, в лесостепном ее варианте, что вполне согласуется с результатами палеопочвенных анализов. Вместе с тем, значения показателя $\delta^{15}\text{N}$ говорит о преобладании в рационе населения позднего бронзового века Казбуруновского ар-

хеологического микрорайона белковой пищи животного происхождения. Также необходимо отметить, что вариативность показателей $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ никак не коррелируется с биологическим полом и возрастом погребенных, что может свидетельствовать о «стабильной» и «социально равной» диете, характерной для погребенных представителей срубно-алакульского мира Южного Приуралья. О стабильности изотопного состава свидетельствуют также сравнительные анализы коллагена, извлеченного из корней зубов и компакты бедренной кости (Курган №4, погребение №1 — биологический пол мужской и Курган №23, погребение №4 — биологический пол женский). В первом случае показатели $\delta^{13}\text{C}$ для зуба составили 19,7‰, а для компакты трубчатой кости 19,3‰; вариативность показателей $\delta^{15}\text{N}$ составила от 11,0‰ для зуба и до 10,7‰ для костной компакты. Во втором случае $\delta^{13}\text{C}$ для зуба составили 19,7‰, а для компакты трубчатой кости 19,4‰; показатель $\delta^{15}\text{N}$ составил 12,1‰ для костной компакты. Приведенные данные убедительно показывают, что различия результатов содержания обоих изотопов находится в пределах математической погрешности, колеблясь в значениях 0,3‰ — 0,4‰.

ЛИТЕРАТУРА

Гольева А. А., Шутелева И. А., Щербаков Н. Б., 2018. Проблематика полеозоологических реконструкций экспонированных культурных слоев длительного постселительного функционирования (на примере памятников эпохи поздней бронзы Республики Башкортостан) // Поволжская археология. №3 (35). С. 45 — 58.

Добровольская М. В., Решетова И. К., 2019. Изотопные маркеры жизни древних людей // Природа. №1. С. 34 — 42.

Косинцев П. А., 2017. Животноводство и охота у населения Аитовского поселения срубной культуры // Ю. А. Морозов. Аитовское поселение эпохи бронзы в Башкирском Приуралье. Уфа: УНЦ РАН. С. 214 — 230.

Петренко А. Г., 2007. Становление и развитие основ животноводческой деятельности в истории народов Среднего Поволжья и Предуралья (по археозоологическим материалам). Серия «Археология евразийских степей». — Выпуск 3. Казань: Институт истории АН РТ. С. 35 — 36.

Щербakov Н. Б., Шутелева И. А., 2020. Реконструкция палеодиеты населения эпохи позднего бронзового века Казбуруновского археологического микрорайона: особенности и возможность экстраполяции // Труды VI (XXII) Всероссийского археологического съезда в Самаре. В 3-х т. Т. I. Самара. С. 361 — 363.

Krzewińska M., Kilinc G.M., Juras A., Koptekin D., Chyleński M., Nikitin A.G., Shcherbakov N., Shuteleva I., Leonova T., Kraeva L., Sungatov F.A., Sultanova A.N., Potekhina I., Łukasik S., Krenz-Niedbała M., Dalen L., Sinika V., Jakobsson M., Stora J., Gotherstrom A., 2018. Ancient genomes suggest the eastern Pontic-Caspian steppe as the source of western Iron Age nomads // Science Advances (ISSN 2375—2548) is published by the American Association for the Advancement of Science. Sci Adv 4 (10), P. 1 — 12.

Оглавление

Программа	3
18 апреля 2023 г.	3
19 апреля 2023 г.	4
П. С. Анкушева, Д. В. Киселева, А. Ю. Рассадников, И. В. Чечушков	7
Снабжение Алакульских горняков на руднике Воровская Яма в Южном Зауралье: предварительные результаты археозоологических и изотопных исследований	7
А. Н. Бабенко, О. А. Лопатина	11
Зависимость изотопного состава ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) нагаров от технологических особенностей производства керамики	11
Н. Г. Брюхова	15
Изотопный анализ (^{13}C и ^{15}N) Коллагена костей из археологических памятников Пермского Предуралья	15
Е. В. Долбунова, Д. В. Киселева, А. Н. Мазуркевич ...	21
Первые результаты изотопного анализа стронция в эмали зубов животных из неолитических памятников Днепро-Двинского междуречья и Нижнего Подонья	21
А. В. Епимахов, Е. О. Васючков	24
Люди и животные бронзового века Зауралья по данным стабильных изотопов (Микрорайон у С. Степное)	24

Д. В. Киселева, Е. С. Шагалов, Т. Г. Окунева, Н. Г. Солошенко, Е. А. Панкрушина, А. Д. Рянская ..	29
Расширение базы данных изотопных отношений 87SR/86SR биодоступного стронция на территории Российской Федерации	29
Н. Г. Свиркина, В. И. Данилевская	33
О проблемах и перспективах отечественных изотопных исследований биоархеологических материалов	33
А. О. Хотылев, С. В. Ольховский, А. А. Майоров, Ф. С. Щепелев	37
Геологические, изотопные и геохимические данные как способ установления регионов импорта каменного материала	37
Н. И. Шишлина, А. А. Строков, Д. А. Куприянов, Н. Г. Солошенко, Д. В. Киселева	42
Вариации отношений изотопов стронция 87SR/86SR в археологической древесине: первые результаты	42
С. В. Шнайдер, А. А. Черносов, С. В. Баранова, Г. А. Олейник, О. В. Ершова, Ю. Срывкина, В. В. Коваль	47
Лаборатория ZooMS ИАЭТ СО РАН — первые результаты работы	47
Н.Б.Щербаков, И. А. Шутелева	52
Вариативность показателей стабильных изотопов у населения археологического микрорайона Срубно-Алакульской культурной группы на территории Башкирского Приуралья	52

Стабильные изотопы в археологических
исследованиях: методические проблемы
и историческая проблематика
Сборник тезисов V заседания

Ответственный редактор д.и.н. М.В. Добровольская

Составитель к.и.н. Н.Г. Свиркина

Составитель В.И. Данилевская

Рецензент к.и.н. И.А. Сапрыкина

Рецензент к.и.н. И.К. Решетова

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

В сборник включены тезисы докладов, представленных на V заседании семинара «Стабильные изотопы в археологических исследованиях: методические проблемы и историческая проблематика» состоявшемся в Институте археологии РАН 18–19 апреля 2023 г. Доклады объединены анализом методических аспектов изучения изотопного состава археологических материалов.

ISBN 978-5-0059-8706-8

