

Возможности использования результатов AMS-датирования в изучении систем питания древних обществ (бронзовый век Южного Урала)

Possibilities of the results of AMS dating use in the study food archaeology (Bronze Age of the Southern Urals)

В работе рассматривается пригодность использования для изучения диеты древних обществ измерений значений изотопов азота и углерода, полученных в ходе радиоуглеродного датирования. Вопрос рассматривается на примере могильников бронзового века Южного Урала: Каменный Амбар-5, Степное-1 и Степное-7. Судя по нашей выборке, использование результатов AMS-датирования возможно при анализе основы белкового рациона древних обществ. При более детальном анализе использование и интерпретация этих данных могут быть сопряжены с вероятными искажениями значений в силу возможной малой чувствительности используемого оборудования. В связи с этим, с целью исключения искаженных значений из детального анализа необходимо при публикации данных давать максимально подробную информацию о лабораториях и используемом в них оборудовании.

The paper discusses the possibilities of using measurements of the values of nitrogen and carbon isotopes obtained during radiocarbon dating to study the diet of ancient people. The issue is considered on the example of the Bronze Age burial grounds of the Southern Trans-Urals: Kamenny Ambar-5, Stepnoe-1, and Stepnoe-7. The use of the results obtained by radiocarbon dating is allowed in the analysis of the basis of the protein diet of ancient societies. In a more detailed analysis, the use of these samples can be hampered by distortions in the values. In this regard, it is postulated that, when publishing data, it is necessary to provide more detailed information about the laboratory and the instruments used.

На современном этапе развития археологии постепенно повышается интерес к повседневным практикам древнего населения. Во многом эта установка является следствием распространения идей процессуалистов, в частности, одного из основных идеологов «Новой археологии» Л. Бинфорда, провозгласившего археологию в качестве «антропологии древних народов» [Binford, 1962]. Среди изучаемых «структур повседневности» древних обществ одно из важнейших мест занимает изучение практик, связанных с особенностями питания. Научная ценность исследования этой топики позволила оформиться целому направлению, получившему название «Археология еды», которое, кроме собственно биологических и экологических вопросов, связанных с диетой, уделяет значительное внимание и социально-культурной составляющей феномена человеческого питания [Twiss, 2012].

Одним из основных методов исследования питания древнего населения является анализ стабильных изотопов азота и углерода, содержащихся в коллагене, выделенном из костной ткани людей и животных. Стабильные изотопы начали применяться в археологии с конца 1970-х гг. [Зайцева и др., 2020, с. 200]. В рамках настоящей публикации автору представляется излишним давать развернутую характеристику метода, адресовав читателя к некоторым из обобщающих работ, способных дать общее представление о его специфике [Кузьмин, 2017, с. 245–255]. Стоит отметить, что на данный момент обсуждаемый метод является одним из самых доступных и информативных для реконструкции особенностей белковой диеты людей и животных, в том числе в силу многочисленности остеологических коллекций археологических памятников. Однако метод имеет и набор методических ограничений. В частности, некоторыми исследователями

отмечается недопустимость использования данных, полученных в результате AMS-датирования, в изучении палеопищевой проблематики [Vaiglova et al., 2023]. При датировании в лаборатории измеряется значение $\delta^{13}\text{C}$ для оценки влияния резервуарного эффекта, способного исказить возраст образца. В качестве предостережения авторами указывается несколько причин, по которым к полученным данным стоит относиться с долей скепсиса. Например, стадия графитизации при подготовке образцов вызывает фракционирование, которое существенно меняет соотношение $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ на неопределенную величину. К тому же, AMS значения по $\delta^{13}\text{C}$ часто проводятся с использованием недостаточно чувстой аппаратуры, что может приводить к снижению точности измерений. В качестве примера авторами указывается расчет значений $\delta^{13}\text{C}$, полученных при датировании образцов в лаборатории Оксфорда. Погрешность по величине углерода в образце при использовании AMS составляет $>5\%$, а при использовании IRMS погрешность часто может составлять $<0.5\%$ [Vaiglova et al., 2023, p. 91]. Это обязывает авторов публикации указывать не только лабораторию, в которой был произведен анализ, но также запрашивать дополнительную информацию об использованном при исследовании образцов материально-техническом оснащении.

В условиях ограниченного количества имеющихся анализов археологи могут использовать значения изотопов азота и углерода, полученные непосредственно при AMS-датировании. Например, подобная ситуация характерна для археологических памятников из района с. Степное [Епимахов и др., 2023]. В упомянутой студии вкупе с целенаправленно проведенными анализами фигурируют результаты, полученные при датировании костного материала. В этой связи возникает вопрос о достоверности и допустимости использования результатов AMS-датирования для реконструкции систем питания древних обществ.

Поскольку автор сосредоточен на изучении бронзового века Южного Урала, представляется целесообразным обратиться к знакомым и доступным материалам и памятникам, располагающим большими выборками. Для бронзового века Южного Урала первые опыты исследования стабильных изотопов углерода и азота относятся к началу 2000-х гг. [Аркаим..., 2002]. С тех пор исследования стабильных изотопов для памятников бронзового века на Южном Урале ведутся весьма активно, но для обсуждения обозначенной проблематики предлагается воспользоваться результатами анализа коллагена, выделенного из костей людей из могильников Степное-1, Степное-7 и Каменный Амбар-5. Упомянутые памятники снабжены статистически необходимым количеством измерений и имеют набор как данных, полученных в результате AMS-датирования, так и результатов, целенаправленно полученных с целью изучения диеты древнего населения. В анализируемой выборке были выбракованы измерения, выпадающие из допустимых значений по атомному соотношению. Также из рассмотрения исключены анализы костей домашнего скота, т.к. выстроить статистически корректную картину по ним в рамках данной работы представляется более проблематичным и менее наглядным, по причине меньшего количества доступных для анализа измерений.

Сначала стоит разобрать кейс памятников микрорайона Степное. Представляется уместным проанализировать их вкупе. Их географическая, хронологическая и культурная близость, в свою очередь, могут уменьшить роль собственно «гастрономических предпочтений» в искажении результатов. Ряд анализов коллагена из костей индивидов ($n=13$) был проведен в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН. Для изучения изотопного состава коллагена был использован анализатор стабильных изотопов углерода и азота (IRMS) модели PrecisION, фирмы «Isoprime Ltd», Великобритания, 2017 г. выпуска. Погрешность из-

мерения прибора должна составлять не более 0.06 ‰ для $\delta^{15}\text{N}$ и $\delta^{13}\text{C}$. Остальные данные были получены при датировании образцов в университете Аризоны (n=3). Первая группа измерений, полученная с целью палеопищевых реконструкций по $\delta^{13}\text{C}$, лежит в интервале от -19.82 до -19.11 ‰ (табл.). Вторая группа (результаты радиоуглеродного датирования) расположилась на отрезке от -19.80 до -19.50 ‰. Первая группа анализов по $\delta^{15}\text{N}$ занимает коридор от 11.31 до 13.10 ‰, а вторая – расположилась в промежутке от 9.90 до 10.80 ‰. Медианные значения и стандартные отклонения для значений из Института географии РАН по $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$, соответственно, составляли -19.27 ± 0.22 и 11.74 ± 0.61 ‰. Медианные значения и стандартное отклонение для университета Аризоны по $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ равнялись -19.50 ± 0.17 и 10.20 ± 0.45 ‰.

К другим памятникам, имеющим статистически корректное количество измерений изотопов азота и углерода (с учетом людей и животных), можно отнести курганный могильник бронзового века Каменный Амбар-5. Количество изотопных проб на данный момент превышает 100. Для проверки возможного расхождения значений между данными о соотношении C/N, полученными в ходе датирования, и целенаправленными анализами была сформирована выборка. В качестве первой группы были отобраны целенаправленные измерения, выполненные для палеопищевых исследований (n=69), главным образом, их анализ проводился в лаборатории университета Флориды [Hanks et al., 2018]. Сравнительный анализ можно провести с имеющимися для могильника Каменный Амбар-5 радиоуглеродными датами, полученными также при исследовании костей (n=3) погребенных индивидов (лабораторные индексы: IGANAMS, Beta) [Чечушков и др., 2021; Erimakhov et al., 2023]. Первичный анализ показывает, что изотопный состав первой группы значений занимает по $\delta^{13}\text{C}$ промежуток от -19.7 до -16.8 ‰, а для второй группы он будет составлять от -19.1 до -17.4 ‰. По $\delta^{15}\text{N}$ значения для первой группы лежат на отрезке от 10.6 до 15.6 ‰, а для радиоуглеродных дат – от 10.2 до 14.5 ‰. Медианные значения и стандартное отклонение для первой группы по $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$, соответственно, составляли -18.1 ± 0.55 и 12.9 ± 1.33 ‰. Для второй группы проб медианные значения по $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ равнялись 18.2 ± 0.88 и 11.01 ± 2.28 ‰.

В целом, использование AMS-значений не искажает выводов о диете коллективов для рассматриваемых памятников. Не фиксируется и сильно выбивающихся из общей статистики показателей. Это подтверждают как максимальные и минимальные показатели азота и углерода в анализируемой выборке, так и их медианные значения. Демонстрируемая разница в показателях вполне может являться следствием реальных разли-

Таблица

Описательная статистика по выборке C/N измерений для мог. Каменный Амбар-5 и памятников из микрорайона у с. Степное

| | Степное (Ц) | | Степное (Д) | | Каменный Амбар (Ц) | | Каменный Амбар (Д) | |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | $\delta^{13}\text{C}$ | $\delta^{15}\text{N}$ | $\delta^{13}\text{C}$ | $\delta^{15}\text{N}$ | $\delta^{13}\text{C}$ | $\delta^{15}\text{N}$ | $\delta^{13}\text{C}$ | $\delta^{15}\text{N}$ |
| max | -19.11 | 13.10 | -19.50 | 10.80 | -16.8 | 15.6 | -17.4 | 14.5 |
| min | -19.82 | 11.31 | -19.80 | 9.90 | -19.7 | 10.6 | -19.1 | 10.2 |
| mean | -19.37 | 12.03 | -19.60 | 10.30 | -18.19 | 13.04 | -18.25 | 11.9 |
| mediana | -19.27 | 11.74 | -19.50 | 10.20 | -18.1 | 12.9 | -18.2 | 11.01 |
| SD | 0.22 | 0.61 | 0.17 | 0.45 | 0.55 | 1.33 | 0.88 | 2.28 |

Примечание. Литерой «Ц» обозначены результаты анализов с целью палеопищевых реконструкций, а «Д» содержит побочные результаты радиоуглеродного датирования.

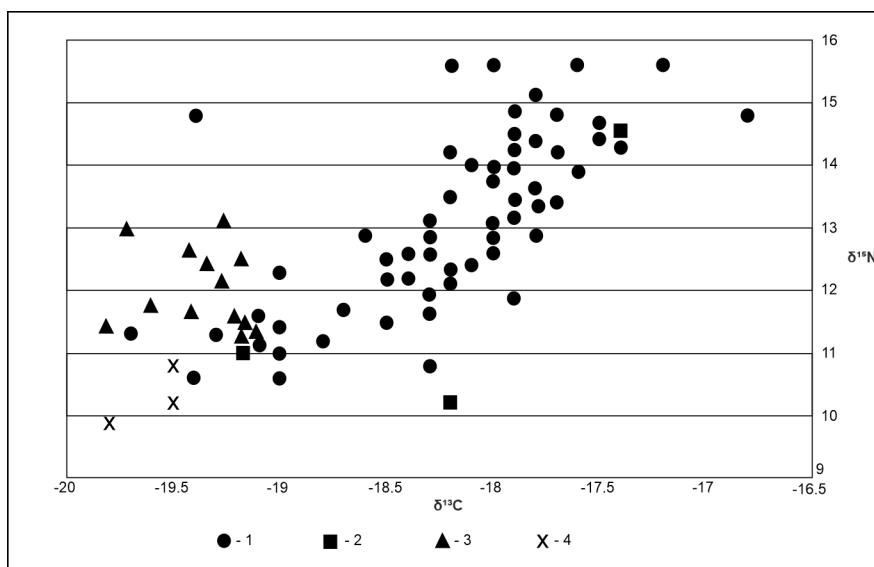


Рис. Распределение значений стабильных изотопов азота и углерода у людей из могильников Степное-1, Степное-7, Каменный Амбар-5. 1 – Каменный Амбар-5 (целенаправленные измерения), 2 – Каменный Амбар-5 (радиоуглеродное датирование), 3 – Степное 1 и Степное 7 (целенаправленные измерения), 4 – Степное-1 и Степное-7 (радиоуглеродное датирование).

чий в индивидуальной диете индивидов. По медианным значениям существенной разницы между группами данных также не прослеживается. Однако, необходимо обратить внимание на заниженные медианные значения $\delta^{15}\text{N}$ для результатов, полученных при AMS-датировании, это характерно и для «Степных» могильников (AMS ниже на 1.54 ‰), и для Каменного Амбара-5 (ниже на 1.89 ‰). При этом, для Степного-7 показатель стандартного отклонения весьма низок, тогда как по Каменному Амбару оно составляет 2.28 ‰. На могильнике Степное-7 заниженные показатели по $\delta^{15}\text{N}$ относят результаты AMS в несколько отстоящий от других результатов кластер (рис.). На Каменном Амбаре минимальные значения по $\delta^{15}\text{N}$ тоже относятся к результатам AMS. Хотя поколебать тезис о преимущественно мясомолочной белковой диете индивидов это смещение не способно, но оно вызывает целый ряд вопросов, связанных с допустимостью использования этих измерений при более детальном анализе диеты отдельных групп и индивидов.

Обращает на себя внимание тот факт, что в материалах могильника Степное-7 присутствовал индивид, имеющий два типа измерений, как полученные в ходе целенаправленного анализа азота и углерода (IGAN-214i), так и в ходе AMS-датирования (AA-90947). Разница по $\delta^{13}\text{C}$ между ними незначительна (-0.19 ‰), тогда как по $\delta^{15}\text{N}$ она существенна (1.84 ‰). Подобные относительно низкие значения приближают таких человеческих индивидов по трофическому уровню к некоторым представителям домашнего травоядного скота, имеющим относительно завышенные значения по $\delta^{15}\text{N}$ чаще всего интерпретируемые как следствие засухи [Святко, 2016].

Таким образом, использование радиоуглеродных дат при палеодиетарных реконструкциях может быть допустимо в условиях недостатка измерений и для определения основы белкового рациона коллективов. Анализ указанной выборки не обнаруживает значительного смещения AMS-значений, способных поколебать представление о преимущественно мясомолочной диете местного населения бронзового века. Однако в ходе

анализа выборки были получены данные, которые могут свидетельствовать, что измерения, полученные в ходе радиоуглеродного датирования, возможно, искажают показатель $\delta^{15}\text{N}$, занижая его на величину, которую сложно принять за погрешность. Хотя заниженные показатели азота и не переводят людей на более низкий трофический уровень, при более детальном анализе материала, например, при разложении совокупности значений на отдельные культурные группы, необходимо учитывать подобные смещения. Для предотвращения потенциальных проблем можно рекомендовать включать в публикации результатов анализа изотопного состава как можно более полную информацию о полученных измерениях, в частности, не только показатели азота, углерода и атомное соотношение, но и использованные в лаборатории приборы и технологии.

Работа поддержана грантом № 20-18-00402-П от 12.05.2023 г. «Миграции человеческих коллективов и индивидуальная мобильность в рамках мультидисциплинарного анализа археологической информации (бронзовый век Южного Урала)».

Литература

Аркаим: некрополь (по материалам кургана 25 Большекараганского могильника) / Г.Б. Зданович, А.К. Кириллов, А.И. Гутков, Ф.Н. Петров, Л.Л. Гайдученко, Е.В. Куприянова, А.Ф. Бушмакин, В.А. Попов, R.W. Lindstrom, М.Б. Медникова, К. Privat. Т. 1. Челябинск: Юж.-Урал. книж. изд., 2002. 214 с.

Епимахов А.В., Васючков Е.О. Люди и животные бронзового века Зауралья по данным стабильных изотопов (микрорайон у с. Степное) // Стабильные изотопы в археологических исследованиях: методические проблемы и историческая проблематика. Сб. тез. V засед. М.: «Издательские решения», 2023. С. 24–28.

Зайцева Г.И., Бурова Н.Д., Ришко С.А., Семенцов А.А., Лохова О.В. Методы стабильных изотопов в исследованиях археологических объектов (применяемые методы и последние результаты) // Археологические вести. 2020. № 30. С. 200–206.

Святко С.В. Анализ стабильных изотопов: основы метода и обзор исследований в Сибири и Евразийской степи // Археология, этнография и антропология Евразии. 2016. Т. 44. № 2. С. 47–55.

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.

Binford L. Archaeology as anthropology // American Antiquity. 1962. Vol. 28. № 2. P. 217–225.

Epimakhov A., Zazovskaya E., Alaeva I. Migrations and cultural evolution in the light of radiocarbon dating of Bronze Age sites in the Southern Urals // Radiocarbon. 2023 (в печати).

Hanks B.K., Ventresca Miller A., Judd M., Epimakhov A., Razhev D., Privat K. Bronze Age diet and economy: new stable isotope data from the Central Eurasian Steppes (2100–1700 BC) // Journal of Archaeological Science. 2018. Vol. 97. P. 14–25.

Twiss K. The archaeology of food and social diversity // Journal of Archaeological Research. 2012. Vol. 20. P. 357–395.

Vaiglova P., Lazar N., & Stroud E., Loftus E., Makarewicz C. Best practices for selecting samples, analyzing data, and publishing results in isotope archaeology // Quaternary International. 2023. Vol. 650. P. 86–100.