

К.С. Бурашникова^{1, 2✉}, С.В. Жилич¹

¹Институт археологии и этнографии
Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет
Новосибирск, Россия
E-mail: k.burashnikova@g.nsu.ru

Реконструкция палеодиеты: методы и возможности

Изучение системы питания древнего населения предоставляет данные о хозяйственной и культурной жизни древних обществ. Реконструкция палеодиеты расположена на стыке археологии и естественных наук. Для изучения данной сферы используются остатки пищи растительного или животного происхождения, а также человеческие останки. Нагары являются важным источником информации, они представляют собой органические остатки пищи. В процессе археологизации продукты питания, как правило, не сохраняются, однако с помощью естественно-научных методов возможно решить данную проблему. В статье представлены особенности и возможности их использования, а также приведены примеры интерпретации результатов. Рассмотрены следующие методы: анализ стабильных изотопов; биомаркерный анализ, к которому относятся липидный и палеопротеомный анализ; анализ крахмальных зерен и фитолитов. Сопоставлены зарубежный и российский исследовательские опыты: мировая практика отличается разнообразием применяемых методов и их регулярной интеграцией в археологические реконструкции; в российской археологии активно внедряются естественно-научные методы, формируется лабораторная база. Приведены знаковые работы, в которых выделены следующие теоретические вопросы и концепции: комплексная реконструкция региональной системы питания и состава конкретных блюд; нижние границы и регион доместикации животных (крупный и мелкий рогатый скот) и культивации злаковых растений (просо обыкновенное и чумиза); структура и темпы перехода от присваивающего к производящему хозяйству; начало употребления молочных продуктов и способ решения проблемы непереносимости лактозы; технологические характеристики изготовления определенных продуктов; идентификация специализации сосудов; социокультурные и экономические аспекты палеодиеты; концепция археологических биомаркеров.

Ключевые слова: палеодieta, нагары, анализ органических остатков, анализ стабильных изотопов, липидный анализ, палеопротеомный анализ, анализ крахмальных зерен и фитолитов.

K.S. Burashnikova^{1, 2✉}, S.V. Zhilich¹

¹Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State University
Novosibirsk, Russia

E-mail: k.burashnikova@g.nsu.ru

Paleodiet Reconstruction: Methods and Opportunities

Research of the diet of ancient populations provides information on the economic and cultural life of the ancient societies. Paleodiet reconstruction is at the intersection of archaeology and natural sciences. Food remains of plant or animal origin as well as human remains are used for studying this field. Soot deposits on pottery consisting of organic food remains are also an important source of information. Food products are generally not preserved over time, but this problem can be solved using methods of natural sciences. This article discusses research methods such as stable isotope analysis, biomarker analysis, including lipid analysis and paleoproteomic analysis, analysis of starch grains and phytoliths, and gives examples of how the results may be interpreted. International and Russian research experience are compared. The global practice employs a variety of methods and regularly integrates them into archaeological reconstructions. Methods of natural sciences are actively introduced into Russian archaeology, and laboratory facilities are organized. Important studies in the field address the following theoretical issues and concepts: comprehensive reconstruction of regional dietary systems and composition of specific dishes, early boundaries and regions of animal domestication (large and small cattle) and cereal cultivation (common millet and foxtail millet), structure and pace of transition from foraging to farming, beginning of dairy consumption and solutions to lactose intolerance, technological features of specific food manufacturing; identification of vessel specialization, social, cultural, and economic aspects of paleodiet, and archaeological biomarkers.

Keywords: paleodiet, soot deposits on pottery, organic residue analysis, stable isotope analysis, lipid analysis, paleoproteomic analysis, starch grain and phytolith analysis.

Пища – важнейший элемент, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма. Она отражает хозяйственно-культурный тип населения, иными словами, пища – это один из аспектов материальной культуры. Однако еда также является проявлением и духовной культуры. Некоторые продукты употребляются в обрядовых практиках, на праздниках и в качестве жертв. Определенная еда могла быть доступна разным категориям населения, что делает ее маркером наличия и степени социальной дифференциации населения.

Реконструкция палеодиеты осуществляется на основе растительных и животных остатков, останков человека и результатов его жизнедеятельности, образцов, отобранных с поверхности каменных орудий труда и посуды, изготовленной из различных материалов. Нагары на керамических сосудах – наиболее распространенные источники для лабораторных исследований древней системы питания, представляющие собой органические остатки пищи на поверхности керамических сосудов, обладающие большим информационным потенциалом, т.к. их можно изучить с помощью ряда естественно-научных методов. Керамика – массовый материал, который в больших количествах обнаруживается и на погребальных, и на поселенческих памятниках, благодаря чему возможно сформировать репрезентативную выборку образцов для лабораторных исследований. На данный момент существует ряд естественно-научных методов, которые можно разделить на следующие категории: анализ стабильных изотопов, биомаркерный анализ, комплекс палеоботанических методов, палеоантропология (в совокупности с палеопатологией). Следует отметить, что анализ стабильных изотопов и биомаркерный анализ зачастую используются совместно, при этом сочетаются исследования молекулярной структуры и состава стабильных изотопов конкретного образца.

Анализ органических остатков стал возможен благодаря появлению новых аналитических химических методов в середине XX в. Спектроскопические методы, такие как инфракрасная (ИК), рамановская и ядерно-магнитная резонансная (ЯМР) спектроскопии, дают представление об общих составах, что оказалось полезным для идентификации источников определенных классов органических остатков, например, янтаря, смол и их производных. Появление газовой хроматографии и масс-спектрометрии сделали возможным определение сложных биологических материалов на молекулярном уровне.

Анализ стабильных изотопов позволяет определить источник белка, трофический уровень животных, мясо или молоко которых употреблялись в пищу. Он менее информативен, чем биомаркерный анализ, однако в силу своей доступности по-прежнему весьма распространен в отечественной науке. Основные результаты в данной области представляются на заседа-

ниях Всероссийского семинара «Стабильные изотопы в археологических исследованиях» [Бюллетень..., 2024]. Данный метод имеет ряд ограничений в применении, связанных с технологическими особенностями изготовления керамики. Данную проблему осветили А.Н. Бабенко и О.А. Лопатина. Они провели серию экспериментов и установили, что состав формовочной массы и вещества, применяемые для посттермической обработки сосудов влияют на изотопный сигнал ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) нагаров [Лопатина, Бабенко, 2023; Лопатина, Бабенко, Шашков, 2024]. Необходимо также иметь в виду разные варианты интерпретации результатов изотопного анализа, поскольку они могут предполагать как реконструкцию диеты, так и мобильность отдельных индивидов [Васючков и др., 2024].

Благодаря изотопному анализу возможно выявить основу рациона конкретного населения. Так, С.В. Святко удалось реконструировать динамику изменения системы питания населения Минусинской котловины в период энеолита – раннего железного века. На основе анализа стабильных изотопов она выяснила, что основу системы питания афанасьевцев, окуневцев и андроновцев составляли растения C_3 , что просо начали употреблять в карасукскую эпоху, а пресноводная рыба играла важную роль в диете всех исследованных групп [Svyatko et al., 2013].

С помощью изотопного анализа костных останков неандертальцев из пещеры Окладникова были получены данные о том, что основу их диеты составляло мясо наземных травоядных [Добровольская, Тиунова, 2013]. Аналогичные результаты были получены по материалам палеолитического населения Восточной Европы и Сибири. Было определено, что диета также могла дополняться пресноводной рыбой [Kuzmin et al., 2021].

Базу для массового применения анализа органических остатков подготовил Р.П. Эвершед. Он опубликовал фундаментальную работу, посвященную концепции археологических биомаркеров, согласно которой биомаркеры – это вещества, присутствующие в органических остатках, сохраняющих информацию о человеческой деятельности в прошлом [Evershed, 2008]. Концепция археологических биомаркеров основывается на сопоставлении структур химических остатков / химических следов (*chemical fingerprints*) со структурами, известными по современным органическим материалам, которые также могли употребляться и в прошлом [Ibid., p. 898]. Исследования показали, что остатки пищи сохраняются в более чем 80 % образцов. В ходе лабораторных анализов были идентифицированы молочные и мясные жиры наземных животных, жиры морских животных, деготь, растительные масла, пчелиный воск, пальмоядровое масло, нефтяной битум, какао и др. [Ibid., p. 904].

Наиболее ранние свидетельства потребления в пищу молока датировались IV–III тыс. до н.э.

Выявление биомаркеров молочных жиров в сосудах из Северо-Западной Анатолии позволило отодвинуть нижнюю границу до VI–VII тыс. до н.э. [Evershed et al., 2008]. Также в указанной работе были представлены важные сведения о том, что липиды сырого молока разрушаются быстрее, чем у обработанного. Данное наблюдение свидетельствует об обработке молока, что делало возможным хранение его излишков в виде продуктов, а также решало проблему непереносимости лактозы [Ibid., p. 531].

С помощью биомаркерного анализа возможно реконструировать механизмы смены стратегий жизнеобеспечения. Данную тему в своих работах поднимает группа исследователей во главе с Оливером Крэйгом на примере Балтийского региона и команда Люси Крэмп с работой по диете древнего населения Британии. Переход к производящему хозяйству в Западной Балтике произошел ок. IV тыс. до н.э., однако темпы и полнота данного перехода были неизвестны. Первые свидетельства растениеводства и животноводства относятся к культуре воронковидных кубков – на сосудах были зафиксированы отпечатки культивированных злаковых, были обнаружены костные остатки домашних животных. Однако данные липидного анализа керамики, обнаружившие в образцах содержание биомаркеров, характерных для морских животных, а также находки крупных рукотворных запруд для ловли рыбы и раковинных куч демонстрируют существование комплексной палеоэкономики у неолитического населения Западной Балтики [Craig et al., 2011]. Иную картину демонстрируют исследования системы питания неолитических племен Британии: после появления животноводства в данном регионе местное население практически полностью отказалось от пищи морского происхождения, 80 % рациона стали составлять молочные белки [Cramp et al., 2014].

Помимо идентификации липидов к биомаркерному анализу относится также и палеопропротеомный анализ, позволяющий определить источники белков. Материалами для данного анализа являются кости, кожа, раковины моллюсков, чешуя и зубы. Проведение палеопропротеомного анализа зубного камня индивидов, проживавших на территории Монголии от неолита до Средневековья, позволило получить наиболее ранние свидетельства употребления в пищу молока на востоке Евразийской степи. Молочный белок был зафиксирован в зубном камне представителя афанасьевской культуры, останки которого были обнаружены в могильнике Шатар Чулуу (3316–2918 гг. до н.э.). Было установлено, что данный белок принадлежал животному из отряда парнокопытных или роду *Ovis* (овца) [Wilkin et al., 2020].

Биомаркерный анализ также имеет ряд ограничений для применения, в частности в настоящее время не существует биомаркеров для идентификации таких злаков, как кукуруза, просо щетинковое, рис и основ-

ные западно-евразийские культуры пшеницы, ячменя и ржи [Colonese et al., 2017, p. 4–6]. Тем не менее активные разработки в этой области позволили получить новый результат: был выделен первый биомаркер растений – милиацин, идентифицирующий просо [Heron et al., 2016].

Состояние здоровья индивида отражает особенности его диеты, в связи с этим изучение палеопатологий способно отразить систему питания древнего населения. Особенно значительно состав рациона сказывается на здоровье зубочелюстной системы. Так, были выявлены изменения в диете населения Минусинской котловины на протяжении трех тысячелетий. С.В. Святко были сопоставлены данные изотопного анализа костных останков представителей афанасьевской, окуневской, андроновской, карасукской и тагарской культур и их зубные патологии. В результате было определено, что основу рациона афанасьевцев, окуневцев и андроновцев составляла белковая пища, доля углеводной пищи возрастает, начиная с карасукского периода, что может быть связано с культивацией проса в данном регионе. Кариес появился только у тагарцев, данное наблюдение свидетельствует о том, что основу их диеты составляли углеводы [Святко, 2014].

Исследование растительной пищи занимает особое место в сфере реконструкции палеодиеты, поскольку не все методы, подходящие для работы с животными остатками, подходят для растений. Данные макро- и микророботанического анализа по-прежнему являются основными источниками информации о растительной диете. Так, анализ крахмальных зерен стал наиболее распространенным методом вследствие своей простоты и доступности. Детальное описание пробоотбора, пробоподготовки и работы по идентификации крахмальных зерен было изложено в базовой публикации «Key to identification of starch grains use as foods» [Medeiros, Marques, 2018].

Некоторые из важнейших злаковых культур впервые были domesticiрованы на территории современных Китая, Японии и российского Дальнего Востока, в связи с чем многие работы в данной области сосредоточены на анализе образцов из этих регионов. Наиболее важными видами проса, культивируемыми в Евразии, являются просо обыкновенное (*Panicum miliaceum*) и чумиза (*Setaria italica*). Исследование [Yang et al., 2012] отодвинуло нижнюю границу доместикиции данных культур в Северном Китае на 1 000 и 2 000 лет соответственно, теперь началом их культивации считается период 11,5–9,5 тыс. лет до н.э.

С помощью описанных выше методов возможно реконструировать технологические аспекты производства определенных продуктов. Так, анализы органических биомаркеров и крахмальных зерен с керамики, обнаруженной на памятнике Мицзя, зафиксировали содержание крахмалов ячменя и оксалата кальция, который является маркером ферментации

ячменя, что свидетельствует об изготовлении пива. Однако местное население выращивало преимущественно просо, никаких свидетельств культивации ячменя обнаружено не было. Данное растение было впервые культивировано в Западной Евразии, откуда и было завезено в Китай [Wang et al., 2016].

На территории Российской Федерации изучением растительной пищи активно занимаются исследователи из ИИАЭ ДВО РАН. Они специализируются на реконструкции растительного рациона древнего населения Дальнего Востока, опираясь на анализы макро- и микроботанических остатков, в частности, исследователи работают с анализом крахмальных зерен. Так, было выяснено, что после переселения представителей зайсановской культурной традиции из континентального региона в прибрежную зону культивация проса сохранилась, но была дополнена сбором дикорастущих растений (маньчжурский орех и желуди) [Пантюхина, Вострецов, Иванов, 2018]. Также работы по реконструкции палеодиеты с применением анализа крахмальных зерен осуществляют сотрудники ИАЭТ СО РАН. Так, были проведены исследования содержимого сосудов тагарского, тюркского и таштыкского населения, в результате которых были обнаружены крахмальные зерна проса, ячменя, пшеницы, диких лилейных растений, а также биомаркеры жвачных и нежвачных парнокопытных животных [Бурашникова, Жилич, Шашков, 2025].

Опыт зарубежных и российских специалистов демонстрирует активное и успешное использование описанных выше естественно-научных методов для реконструкции системы питания. Мировая практика характеризуется более широким спектром рутинно применяемых методов и анализов, при этом внимание фокусируется на вопросах доместикации животных и культивации растений, на древнейших фактах употребления молока и на определении характера перехода от присваивающего к производящему хозяйству. Российские коллективы исследователей, опираясь на те же методы, сосредоточились на комплексной реконструкции ключевых механизмов адаптации местного населения – роли рыболовства, охоты, собирательства, земледелия и скотоводства; региональных особенностях диеты от неолита до Средневековья. По мере развития лабораторной базы, международного сотрудничества и подготовки кадров применение естественно-научных методов в Сибири расширяется, что делает возможным регулярное применение данных методов на местных материалах, детализируя картину хозяйственной и культурной жизни прошлого.

Благодарности

Исследование выполнено по проекту НИР ИАЭТ СО РАН № FWZG-2025-0005 «Природные условия обитания древнего человека в четвертичном периоде Евразии».

Список литературы

Бабенко А.Н., Лопатина О.А. Зависимость изотопного состава нагаров от технологических особенностей производства керамики (по экспериментальным данным) // Бюл. Всерос. семинара стабильные изотопы в археологических исследованиях: методические проблемы и историческая проблематика. Мат-лы V заседания. – М.: Изд-во ИА РАН, 2023. – С. 25–31.

Бабенко А.Н., Лопатина О.А., Шашков М.В. Результаты изотопного и липидного анализов содержимого сосудов с постобжиговой обработкой жиром (по данным эксперимента) // Бюл. Всерос. семинара стабильные изотопы в археологических исследованиях: методические проблемы и историческая проблематика. Мат-лы VI заседания. – М.: Изд-во ИА РАН, 2024. – С. 18–23.

Бурашникова К.С., Жилич С.В., Шашков М.В. Погребальная пища древних тюрков Минусинской котловины (по данным липидного анализа, анализа крахмалов) // Новые материалы и методы археологического исследования: территории и границы в археологическом измерении: Мат-лы VIII конф. молодых ученых. – М.: Изд-во ИА РАН, 2025. – С. 148–149.

Бюллетень всероссийского семинара стабильные изотопы в археологических исследованиях: методические проблемы и историческая проблематика / сост. Н.Г. Свирикина, В.И. Данилевская. – М.: Изд-во ИА РАН, 2024. – 85 с.

Васючков Е.О., Епимахов А.В., Киселева Д.В., Новиков И.К. Алакульский могильник: вариативность диеты или мобильность (по результатам изотопного анализа) // Бюл. Всерос. семинара стабильные изотопы в археологических исследованиях: методические проблемы и историческая проблематика. Мат-лы VI заседания. – М.: Изд-во ИА РАН, 2024. – С. 32–36.

Добровольская М.В., Тиунов А.В. Неандертальцы пещеры Окладникова: среда обитания и особенности питания по данным изотопного анализа // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2013. – № 1. – С. 78–88.

Пантюхина И.Е., Вострецов Ю.Е., Иванов В.В. Метод анализа остатков древнего крахмала в эволюционной археологии: пример исследования // Вестн. ДВО РАН. – 2018. – № 4. – С. 95–104.

Святко С.В. Анализ зубных патологий населения Минусинской котловины (Южная Сибирь) эпох энеолита – раннего железа: новые данные по диете // Антропология. – 2014. – № 2. – С. 143–156.

Colonese A.C., Hendy J., Lucquin A., Speller C.F., Collins M.J., Carrer F., Gubler R., Kühn M., Fisher R., Craig O. New criteria for the molecular identification of cereal grains associated with archaeological artefacts. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06390-x>. (дата обращения: 18.08.2025).

Craig O.E., Steele V.J., Fischer A., Hartz S., Andersen S.H., Donohoe P., Glykou A., Saul H., Jones D.M., Koch E., Heron C.P. Ancient lipids reveal continuity in culinary

practices across the transition to agriculture in Northern Europe // *PNAS*. – 2011. – Vol. 108, No. 44. – P. 17910–17915.

Cramp L.J.E., Jones J., Sheridan A., Smyth J., Whelton H., Mulville J., Sharples N., Evershed R.P. Immediate replacement of fishing with dairying by the earliest farmers of the northeast Atlantic archipelagos. URL: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2372> (дата обращения: 19.08.2025).

Evershed R.P. Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution // *Archaeometry*. – 2008. – Vol. 50, No. 6. – P. 895–924.

Evershed R.P., Payne S., Sherratt A.G., Copley M.S., Coolidge J., Urem-Kotsu D., Kotsakis K., Özdoğan M., Özdoğan A.E., Nieuwenhuys O., Akkermans P.M.M.G., Bailey D., Andeescu R., Campbell S., Farid Sh., Hodder I., Yalman N., Özbaşaran M., Bıçakci E., Garfinkel Y., Levy T., Burton M.M. Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding // *Nature*. – 2008. – Vol. 455. – P. 528–531.

Heron C., Shoda S., Barcons A.B., Czebreszuk J., Eley Y., Gorton M., Kirleis W., Kneisel J., Lucquin A., Müller J., Nishida Y., Son J., Craig O. First molecular and isotopic evidence of millet processing in prehistoric pottery vessels. – URL: <https://www.nature.com/articles/srep38767#citeas%20%20Scientific%20Reports> processing in prehistoric pottery vessels | *Scientific Reports* (дата обращения: 16.08.2025).

Kuzmin Y.V., Bondarev A.A., Kosintsev P.A., Zazovskaya E.P. The Paleolithic diet of Siberia and Eastern Europe: evidence based on stable isotopes (δC and δN) in hominin and animal bone collagen // *Archaeological and Anthropological Sciences*. – 2021. – Vol. 13, No. 179. – P. 1–12.

Medeiros A.M.L., Marques C.A. Key to identification of starch grains used as foods. – URL: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/392209v1.full.pdf> (дата обращения: 14.08.2025).

Svyatko S.V., Mallory J., Murphy E.M., Reimer P.J., Schulting R.J., Khartanovich V.I., Chistov Y.K., Sablin M.V. Stable isotope dietary analysis of prehistoric population from the Minusinsk basin, southern Siberia, Russia: a new chronological framework for the introduction of millet to the eastern Eurasian steppe // *J. of Archaeol. Sci.* – 2013. – Vol. 40, No. 11. – P. 3936–3945.

Wang J., Liu L., Ball T., Yu L., Li Y., Xing F. Revealing a 5,000-y-old beer recipe in China. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27217567/> - PubMed (дата обращения: 21.08.2025).

Wilkin S., Miller A.V., Taylor W.T.T., Miller B.K., Hagan R.W., Bleasdale M., Scott A., Gankhuyg S., Ramsøe A., Uliziibayar S., Trachsel C., Nanni P., Grossmann J., Orlando L., Horton M., Stockhammer P.W., Myagmar E., Boivin N., Warinner C., Hendy J. Dairy pastoralism sustained eastern Eurasian steppe populations for 5,000 years // *Nature Ecology & Evolution*. – 2020. – Vol. 4. – P. 346–355.

Yang X., Wan Z., Perry L., Lu H., Wang Q., Zhao C., Li J., Xie F., Yu J., Cui T., Wang T., Li M., Ge Q. Early millet use in northern China // *Proceeding of the National Academy of Sciences*. – 2012. – Vol. 109, No. 10. – P. 3726–3730.

References

Babenko A.N., Lopatina O.A. Zavisimost' izotopnogo sostava nazarov ot tekhnologicheskikh osobennosti proizvodstva keramiki (po eksperimental'nym dannym). In *Byulleten' vserossiiskogo seminar stabil'nye izotopy v arkeologicheskikh issledovaniyakh: metodicheskie problemy i istoricheskaya problematika. Materialy V zasedaniya*. Moscow: IA RAS Publ., 2023. P. 25–31. (In Russ.).

Babenko A.N., Lopatina O.A., Shashkov M.V. Rezul'taty izotopnogo i lipidnogo analizov sodержimogo sosudov s postobzhigovoi obrabotkoi zhirom (po dannym eksperimenta). In *Byulleten' vserossiiskogo seminar stabil'nye izotopy v arkeologicheskikh issledovaniyakh: metodicheskie problemy i istoricheskaya problematika. Materialy VI zasedaniya*. Moscow: IA RAS Publ., 2024. P. 18–23. (In Russ.).

Burashnikova K.S., Zhilich S.V., Shashkov M.V. Pogrebal'naya pishcha drevnih tyurok Minusinskoj kotloviny (po dannym lipidnogo analiza, analiza krahamalov). In *Novye materialy i metody arheologicheskogo issledovaniya: territorii i granicy v arheologicheskoy izmerenii: Materialy VIII konferencii molodykh uchenykh*. Moscow: IA RAS Publ., 2025. P. 148–149. (In Russ.). doi: 10.25681/IARAS.2025.978-5-94375-460-9

Colonese A.C., Hendy J., Lucquin A., Speller C. F., Collins M.J., Carrer F., Gubler R., Kühn M., Fisher R., Craig O. New criteria for the molecular identification of cereal grains associated with archaeological artefacts. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06390-x> (Accessed: 18.08.2025).

Craig O.E., Steele V.J., Fischer A., Hartz S., Andersen S.H., Donohoe P., Glykou A., Saul H., Jones D.M., Koch E., Heron C.P. Ancient lipids reveal continuity in culinary practices across the transition to agriculture in Northern Europe. In *PNAS*, 2011. Vol. 108, No. 44. P. 17910–17915.

Cramp L.J.E., Jones J., Sheridan A., Smyth J., Whelton H., Mulville J., Sharples N., Evershed R.P. Immediate replacement of fishing with dairying by the earliest farmers of the northeast Atlantic archipelagos. URL: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2372> (Accessed: 19.08.2025).

Dobrovolskaya M.V., Tiunov A.V. Neanderthals of Okladnikov cave, Altai: environment and diet based on isotopic analysis. In *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2013. No. 1. P. 78–88. (In Russ.).

Evershed R.P. Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution. In *Archaeometry*, 2008. Vol. 50, No. 6. P. 895–924.

Evershed R.P., Payne S., Sherratt A.G., Copley M.S., Coolidge J., Urem-Kotsu D., Kotsakis K., Özdoğan M., Özdoğan A.E., Nieuwenhuys O., Akkermans P.M.M.G., Bailey D., Andeescu R., Campbell S., Farid Sh., Hodder I., Yalman N., Özbaşaran M., Bıçakci E., Garfinkel Y., Levy T., Burton M.M. Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. In *Nature*, 2008. Vol. 455. P. 528–531.

Heron C., Shoda S., Barcons A.B., Czebreszuk J., Eley Y., Gorton M., Kirleis W., Kneisel J., Lucquin A., Müller J., Nishida Y., Son J., Craig O. First molecular and isotopic evidence of millet processing in prehistoric pottery vessels.

URL: <https://www.nature.com/articles/srep38767#citeas%20Scientific%20Reports> processing in prehistoric pottery vessels | Scientific Reports (Accessed: 16.08.2025).

Kuzmin Y.V., Bondarev A.A., Kosintsev P.A., Zazovskaya E.P. The Paleolithic diet of Siberia and Eastern Europe: evidence based on stable isotopes (δC and δN) in hominin and animal bone collagen. In *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2021. Vol. 13, No. 179. P. 1–12.

Medeiros A.M.L., Marques C.A. Key to identification of starch grains used as foods. URL: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/392209v1.full.pdf> (Accessed: 14.08.2025).

Pantuyuhina I.E., Vostrecov Y.E., Ivanov V.V. Metod analiza ostatkov drevnego krahmala v evolyucionnoj arheologii: primer issledovaniya. In *DVO RAS Bull.*, 2018. No. 4. P. 95–104. (In Russ.).

Svirkina N.G., Danilevskaya V.I. (eds.). *Byulleten' vsrossiiskogo seminar stabil'nye izotopy v arheologicheskikh issledovaniyakh: metodicheskie problemy i istoricheskaya problematika*. Moscow: IA RAS Publ., 2024. 85 p. (In Russ.). doi: 10.25681/IARAS.2024.978-5-902633-13-6

Svyatko S.V. Dental paleopathological analysis of the eneolithic – early iron age from the Minusinsk basin, southern Siberia: paleodietary implications. In *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 2014. Vol. 58, No. 2. P. 143–156. (In Russ.).

Svyatko S.V., Mallory J., Murphy E.M., Reimer P.J., Schulting R.J., Khartanovich V.I., Chistov Y.K., Sablin M.V. Stable isotope dietary analysis of prehistoric population from the Minusinsk basin, southern Siberia, Russia: a new chronological framework for the introduction of millet to the eastern

Eurasian steppe. In *J. of Archaeol. Sci.*, 2013. Vol. 40, No.11. P. 3936–3945.

Vasyuchkov E.O., Epimakhov A.V., Kiseleva D.V., Novikov I.K. Alakul'skii mogil'nik: variativnost' diety ili mobil'nost' (po rezul'tatam izotopnogo analiza). In *Byulleten' vsrossiiskogo seminar stabil'nye izotopy v arheologicheskikh issledovaniyakh: metodicheskie problemy i istoricheskaya problematika. Materialy VI zasedaniya*. Moscow: IA RAS Publ., 2024. P. 32–36. (In Russ.).

Wang J., Liu L., Ball T., Yu L., Li Y., Xing F. Revealing a 5,000-y-old beer recipe in China. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27217567/> - PubMed (Accessed: 21.08.2025).

Wilkin S., Miller A.V., Taylor W.T.T., Miller B.K., Hagan R.W., Bleasdale M., Scott A., Gankhuyg S., Ramsøe A., Uliziibayar S., Trachsel C., Nanni P., Grossmann J., Orlando L., Horton M., Stockhammer P.W., Myagmar E., Boivin N., Warinner C., Hendy J. Dairy pastoralism sustained eastern Eurasian steppe populations for 5,000 years. In *Nature Ecology & Evolution*, 2020. Vol. 4. P. 346–355.

Yang X., Wan Z., Perry L., Lu H., Wang Q., Zhao C., Li J., Xie F., Yu J., Cui T., Wang T., Li M., Ge Q. Early millet use in northern China. In *PNAS*, 2012. Vol. 109, No. 10. P. 3726–3730.

Бурашникова К.С. <https://orcid.org/0009-0003-6208-3251>

Жилич С.В. <https://orcid.org/0000-0002-0365-0602>

Дата сдачи рукописи: 31.08.2025 г.