

С.В. Шнайдер¹✉, К.А. Бабина¹, А.К. Каспаров^{1, 2},
С.В. Баранова³, А.А. Черноносов³

¹Институт археологии и этнографии СО РАН
Новосибирск, Россия

²Институт истории материальной культуры РАН
Санкт-Петербург, Россия

³Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН
Новосибирск, Россия
E-mail: sveta.shnayder@gmail.com

Изучение зубов овикарпине методами ZooMS и изотопного анализа (на примере неолитических материалов со стоянки Джейтун)

Настоящее исследование посвящено изучению зубов $M2$ и $M3$ овикарпине с использованием ZooMS и изотопного анализа. Для данного исследования были отобраны образцы с неолитического памятника Джейтун (Туркменистан), одного из ключевых центров раннего земледелия в Центральной Азии. С помощью метода ZooMS (Zooarchaeology by Mass Spectrometry) была проведена родовая идентификация 14 образцов зубов овикарпинов, полученных в ходе раскопок В.М. Массона и Д. Харриса 1989–1990-х гг. Результаты ZooMS-анализа показали хорошую сохранность коллагена в образцах, что позволило провести точную идентификацию. Проведенное исследование показывает количественное преобладание остатков коз над овцами (10 против 4), что может свидетельствовать о доминирующем положении коз в ранних стадиях одомашнивания. Полученные результаты также согласуются полностью с зооархеологическими наблюдениями, сделанными А.К. Каспаровым. Для двух образцов коз был дополнительно проведен изотопный анализ кислорода в фосфатах зубной эмали. Целью анализа было определение сезонности рождения животных на основе циклических вариаций $\delta^{18}\text{O}$. Установленные значения фазового сдвига (x_0 / X) указывают на зимне-весенний период окота, характерный для домашних коз. Полученные данные полностью согласуются с результатами памятников раннего неолита Ближнего и Среднего Востока. Исследование подтверждает важность Джейтуна как источника сведений о раннем животноводстве и подчеркивает необходимость дальнейшего расширения выборки и применения дополнительных методов, включая абсолютное датирование, генетический анализ и цементохронологию, для более точной реконструкции хозяйственных практик неолитических сообществ региона.

Ключевые слова: Центральная Азия, Копетдаг, Джейтун, доместикация, неолит, овикарпины, ZooMS, стабильные изотопы.

S.V. Shnaider¹✉, K.A. Babina¹, A.K. Kasparov^{1, 2},
S.V. Baranova³, A.A. Chernonosov³

¹Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
Novosibirsk, Russia

²Institute for the History of Material Culture RAS
St. Petersburg, Russia

³Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS
Novosibirsk, Russia
E-mail: sveta.shnayder@gmail.com

Study of Ovicaprine Teeth Using ZooMS and Isotopic Analysis (a Case Study of Neolithic Materials from the Jeitun Site)

This study focuses on the analysis of $M2$ and $M3$ ovicaprine teeth using ZooMS and stable isotope methods. The samples were derived from the Neolithic site of Jeitun (Turkmenistan), one of the key centers of early agriculture in Central Asia. Using the ZooMS (Zooarchaeology by Mass Spectrometry) technique, 14 ovicaprine tooth samples collected during the excavations conducted by V.M. Masson and D. Harris in 1989–1990 were taxonomically identified to the genus level. The ZooMS results demonstrated

good collagen preservation allowing for precise species identification. The analysis revealed a quantitative predominance of goat remains over sheep (10 versus 4) suggesting the dominant role of goats during the early stages of domestication. These results are fully consistent with the zooarchaeological observations made by A.K. Kasparov. Two goat samples were additionally subjected to oxygen isotope analyses of phosphate fraction in tooth enamel in order to determine the seasonality of birth based on cyclic $\delta^{18}\text{O}$ variations. The derived phase shift ratios (x_0/X) indicate a winter-spring birthing period characteristic of domestic goats. The results are consistent with data from Early Neolithic sites in the Near and Middle East. This study underscores the importance of Jeitun as a key source for understanding early animal husbandry and highlights the need for further research using larger sample sizes and complementary methods including absolute dating, genetic analysis, and cementochronology in order to refine reconstructions of Neolithic subsistence practices in the region.

Keywords: Central Asia, Kopetdag, Jeitun, domestication, Neolithic, ovicaprines, ZooMS, stable isotopes.

Введение

Переход от присваивающего хозяйства к производящему – это один из ключевых поворотных моментов во всей истории человечества. На настоящий момент, благодаря серии биоархеологических исследований, обнаружены различные центры доместикации жи-

вотных и растений. Так, установлено, что раннее одомашнивание пшеницы, ячменя, коз и овец началось не позднее 11,5 тыс. л.н. и возникло независимо друг от друга в различных частях Плодородного Полумесяца [Zeder, 2011; Fuller, Willcox, Allaby, 2012]. При этом одомашнивание проса и риса в этот период фиксируется в долинах р. Хуанхе и Янцзы в Китае [Tang et al., 2021]. Освоение производящего типа экономики привело к контролю человека над животными и растительными ресурсами, что в свою очередь способствовало росту популяции и постепенной ее экспансии в соседние регионы. Одомашненные виды растений и животных постепенно распространялись на Ближнем Востоке и в Европе [Özdogan, 2011].

Относительно производящей экономики достаточно большое количество данных было накоплено по джейтунской культуре (Туркменистан). Ключевым памятником здесь является стоянка Джейтун.

Стоянка Джейтун располагается в южной части Туркменистана, в предгорной зоне Копетдага, примерно в 30 км к северо-западу от г. Ашхабад, в районе начальных песчаных массивов Каракумов (рис. 1). В настоящее время этот памятник считается одним из наиболее полно исследованных неолитических объектов Центральной Азии и представляет собой восточный рубеж распространения культур иранского неолита [Массон, 1960]. Его хронологическая принадлежность датируется 6500–6000 гг. до н.э., что делает Джейтун одним из древнейших свидетельств перехода к оседлому земледельческому образу жизни в данном регионе.



Рис. 1. Расположение стоянки Джейтун.

1 – расположение стоянки Джейтун; 2 – вид на стоянку Джейтун (фото 2018 г.).

Археологический комплекс включает компактное поселение, состоящее из прямоугольных жилищ – раннего примера архитектурных форм, характерных для оседлых сообществ. В процессе раскопок были обнаружены зерна культурных злаков: полбы, однозернянки и лущеного ячменя, а также остатки костей домашних животных – преимущественно овец и коз [Каспаров, 2006; Массон, 1960; Harris, 2010].

Палеозоологический анализ коллекции, проведенный А.К. Каспаровым, подтвердил присутствие одомашненных овец и коз. При этом среди определенного до уровня рода материала преобладают остатки коз [Каспаров, 2006, с. 30], однако значительная часть костей могла быть идентифицирована только в пределах обобщенной категории ovicaprine.

Материалы и методы исследования

В рамках настоящего исследования был проведен ZooMS-анализ (Zooarchaeology by Mass Spectrometry) 14 образцов из неолитических слоев стоянки Джейтун с целью родовой идентификации костных остатков и выяснения, какие животные – овцы или козы – преобладали в хозяйстве данного сообщества.

Для анализа были отобраны вторые и третьи нижние коренные зубы (M2 и M3) животных, определенных как ovicaprine. В дальнейшем предполагается использовать эти же образцы для абсолютного датирования, цементохронологического анализа, а также для изотопных и генетических исследований.

Пробоподготовка и интерпретация результатов ZooMS-анализа были проведены в лаборатории «Археозоология Сибири и Центральной Азии» (ZooSCAN) ЦКП «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН. Получение масс-спектров осуществлялось в Центре масс-спектрометрического анализа при ИХБФМ СО РАН с использованием масс-спектрометра Bruker Autoflex Speed (Bruker Daltonics).

Методика ZooMS основана на анализе пептидных последовательностей белка коллагена, что позволяет производить видовую идентификацию остатков костей, зубов и кожи животных. Коллаген, экстрагированный из археологических образцов, подвергается ферментативному расщеплению специфической протеазой (трипсином), в результате чего формируется набор маркерных пептидов (P1, A, A', B, C, P2, D, E, F, F', G, G'), регистрируемых с помощью масс-спектрометрии.

Ключевым условием надежности анализа является высокая степень сохранности коллагена, отсутствие следов термической обработки (обугливания) и соблюдение стерильных условий при отборе проб [Richter et al., 2022]. Протокол пробоподготовки базируется на методике, разработанной М. Бакли и соавторами [Buckley et al., 2009] и позднее усовершенствованной С. Брауном и коллегами [Brown et al., 2020]. Он включает эффективные процедуры экстракции

и очистки коллагена, необходимые для получения достоверных результатов масс-спектрометрического анализа.

Масс-спектрометрия проводилась методом MALDI-TOF MS (времяпролетная масс-спектрометрия с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией) в отраженном режиме, в диапазоне масс от 900 до 4000 Да.

В фосфатах зубной эмали также проведен изотопный анализ для двух образцов третьих моляров (M3) коз с неолитического памятника Джейтун (южный Туркменистан).

Пробоподготовка и изотопный анализ фосфатов зубной эмали проводились в лаборатории «AIsootope» (ИАЭТ СО РАН, Новосибирск) в соответствии с протоколом, описанным в работе К.А. Бабиной и соавторов [Babina et al., 2024].

Аппроксимацию изменений $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ вдоль линии роста зубов выполняли с использованием косинусной функции вида: $y = M + A \cdot \cos(2\pi(x-x_0)/X)$, (рис. 2), с восстановлением сезона рождения особи по методике, описанной в работе М. Балассе [Balasse et al., 2012], где параметры модели: y – моделируемый показатель $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$, X – период колебаний показателя $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$, A – амплитуда колебаний показателя $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$, x_0 – фазовый сдвиг, M – вертикальный сдвиг (среднее значение показателя $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$).

Результаты исследований

Масс-спектрометрические профили пептидов коллагена были получены для всех 14 образцов. В 12 случаях зафиксировано от 5 до 6 диагностических пептидов, в двух образцах – от 7 до 8. Пептиды P1, B, D и G' присутствовали во всех образцах, пептид P2 – в 13 образцах, пептид F – в 7. В единичных случаях идентифицированы пептиды A, A', F' и G. Пептиды C и E не были обнаружены ни в одном из образцов.

Ключевым для отнесения остатков к овцам или козам является пептид G', зафиксированный во всех образцах, что позволило надежно идентифицировать два таксона. Результаты ZooMS-анализа показали (см. таблицу), что в исследуемой выборке преобладают остатки коз – 10 образцов против 4, отнесенных к овцам или к оленевым. Данные образцы были повторно просмотрены, и на основе морфологических признаков они были определены к овцам.

Данные, полученные методом ZooMS, указывают на то, что отобранные образцы для изотопного анализа принадлежат козам. На рисунке (рис. 2) представлены циклические зависимости $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ в фосфате серебра, выделенном из зубной эмали, в зависимости от расстояния от шейки моляров M3 нижней челюсти коз с памятника Джейтун, а также результаты аппроксимации этих зависимостей функцией. Полученные значения отношения фазового сдвига к годовому периоду ($x_0/X = 0,02$ и $0,13$) указывают на рождение

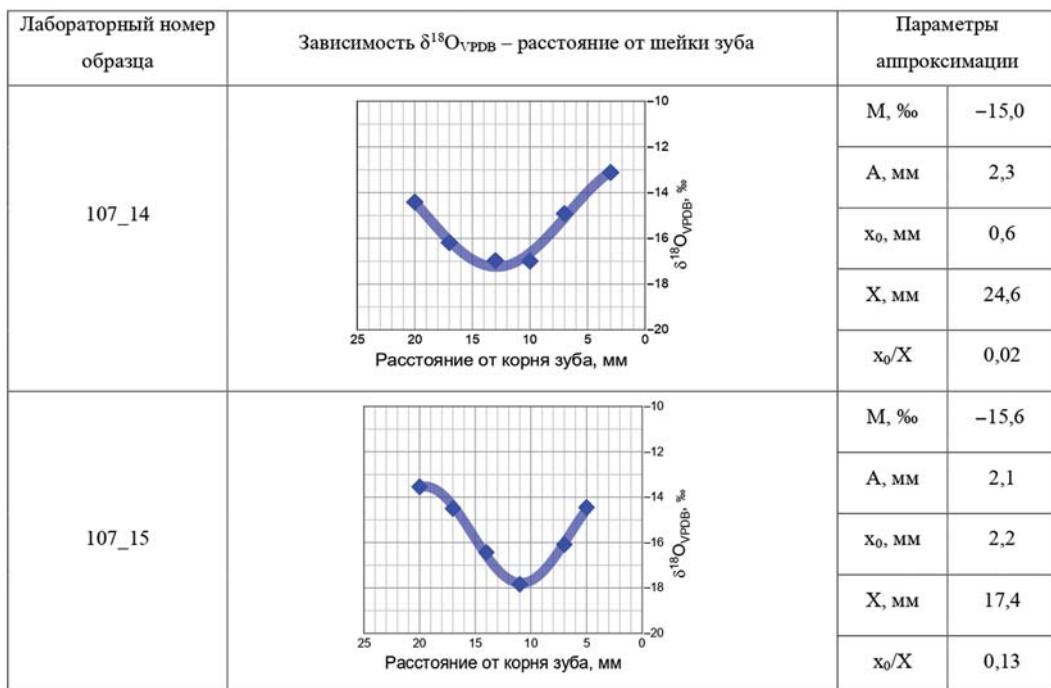


Рис. 2. Циклические зависимости $\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$ в фосфате серебра, выделенном из зубной эмали, в зависимости от расстояния от шейки моляров М3 из нижней челюсти коз с памятника Джейтун, а также результаты аппроксимации этих зависимостей функцией.

Результаты ZooMS-анализа образцов ovicaprine со стоянки Джейтун (Туркменистан)

| Лабораторный номер образца | Определение | P1 | A | A' | B | C | P2 | D | E | F | F' | G | G' |
|----------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|
| 107_4 | Коза | 1105,6 | 1180,6 | – | 1427,7 | – | 1648,8 | 2131 | – | – | – | – | 3093,4 |
| 107_5 | Коза | 1105,6 | – | – | 1427,7 | – | 1647,8 | 2131,1 | – | 2883,7 | 2899,8 | – | 3093,4 |
| 107_6 | Коза | 1105,6 | – | – | 1427,7 | – | 1648,8 | 2131,1 | – | – | – | – | 3093,5 |
| 107_7 | Коза | 1105,7 | – | – | 1427,8 | – | – | 2131,1 | – | 2883,5 | – | – | 3093,4 |
| 107_8 | Овца | 1105,8 | – | – | 1427,7 | – | 1648,8 | 2131 | – | – | – | – | 3033,2 |
| 107_9 | Овца | 1105,6 | – | – | 1427,7 | – | 1648,9 | 2131,1 | – | – | – | – | 3033,5 |
| 107_10 | Овца | 1105,6 | – | 1196,6 | 1427,7 | – | 1648,8 | 2131,1 | – | 2883,5 | – | 3017,5 | 3033,6 |
| 107_11 | Овца | 1105,6 | – | – | 1427,7 | – | 1648,9 | 2131,1 | – | – | 2899,1 | – | 3033,1 |
| 107_12 | Коза | 1105,6 | – | – | 1427,8 | – | 1648,8 | 2131,1 | – | – | – | – | 3093,6 |
| 107_13 | Коза | 1105,6 | – | – | 1427,8 | – | 1648,8 | 2131,2 | – | 2883,5 | – | – | 3093,5 |
| 107_14 | Коза | 1105,5 | – | – | 1427,6 | – | 1648,6 | 2130,9 | – | 2883,1 | – | – | 3092,9 |
| 107_15 | Коза | 1105,6 | – | – | 1427,7 | – | 1648,8 | 2131,1 | – | 2883,3 | – | – | 3093,4 |
| 107_16 | Коза | 1105,6 | – | – | 1427,7 | – | 1648,8 | 2131,1 | – | – | – | – | 3093,5 |
| 107_17 | Коза | 1105,6 | – | – | 1427,8 | – | 1648,8 | 2131,2 | – | 2883,5 | – | – | 3093,6 |

данных коз в конце зимы – начале весны [Balasse et al., 2024], что согласуется с типичной сезонностью окота у домашних коз. Однако для уверенных выводов о сезонности воспроизводства стада в целом необходима более представительная выборка и накопление статистики по большему числу зубов.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о значительном преобладании костных остатков коз в анализируемой выборке с памятника Джейтун, что, вероятно, отражает ранний этап одомашнивания

ovicaprines в южной части Центральной Азии. Эти данные подтверждают наблюдаемую в ряде неолитических культур Ближнего Востока тенденцию преимущественного разведения коз на начальных стадиях становления производящего хозяйства [De Groene et al., 2023; Naderi et al., 2008; Zeder, 2011; Zeder, Hesse, 2000]. Установленные сезонные колебания изотопного состава кислорода в эмали зубов позволяют предположить, что рождение коз происходило в весенний период, что соответствует репродуктивным особенностям домашних животных [Silver, 1969].

Тем не менее результаты данного исследования основаны на ограниченном объеме выборки и требуют дальнейшего подтверждения. Продолжение исследований с расширением количества анализируемых образцов, включением данных с других неолитических памятников региона, а также применением дополнительных методов (цементохронология, ДНК-анализ, микроскопические исследования следов на зубах и костях) позволит более точно реконструировать процессы ранней доместикации и хозяйственной практики населения Джейтуна.

Благодарности

Изучение коллекции и ZooMS анализ проведен при поддержке проекта РНФ № 24-78-10127 «Неолитизация в горной части Центральной Азии (от Копетдага до высокогорий Памира)». Изотопные исследования проведены при поддержке НИР ИАЭТ СО РАН № FWZG-2025-0009 «Центральная Азия в каменном веке: культура, хронология, палеоэкология».

Список литературы

- Каспаров А.К.** Скотоводство и охота эпохи неолита – палеометалла в Южном Туркменистане. – СПб.: Европейский дом, 2006. – 260 с.
- Массон В.М.** Древнейшая земледельческая культура Средней Азии // Изв. Академии Наук Туркменской ССР, Сер. общественных наук. – 1960. – № 1. – С. 69–77.
- Babina K.A., Shnaider S.V., Bragina A.A., Parkhomchuk E.V.** Testing the Sample Preparation Method and Oxygen Isotopic Analysis of Tooth Enamel for the Reconstruction of the Birth Seasonality of Ovicaprines (the Case of Teeth from Istykskaya Cave, Eastern Pamir) // Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia. – 2024. – Т. 52, N 2. – С. 47–54. – doi:10.17746/1563-0102.2024.52.2.047-054
- Balasse M., Obein G., Ughetto-Monfrin J., Mainland I.** Investigating seasonality and season of birth in past herds: a reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios // Archaeometry. – 2012. – Vol. 54 (2). – P. 349–368. – doi:10.1111/j.1475-4754.2011.00624.x
- Balasse M., Chemineau P., Parisot S., Fiorillo D., Keller M.** Experimental data from Lacaune and Merino sheep provide new methodological and theoretical grounds to investigate autumn lambing in past husbandries // J. of Archaeological Method and Theory. – 2024. – Vol. 31, N 1. – P. 75–92. – doi:10.1007/s10816-022-09600-7
- Brown S., Hebestreit S., Wang N., Boivin N., Douka K., Korzow K., Richter K.** Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS) for bone material – Acid insoluble protocol v1 (preprint) // Protocols. IO – 2020. – doi:10.17504/protocols.io.bf43jqyn
- Buckley M., Collins M., Thomas-Oates J., Wilson J.C.** Species identification by analysis of bone collagen using matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight mass spectrometry // Rapid Communications in Mass Spectrometry. – 2009. – Vol. 23, N 23. – P. 3843–3854. – doi:10.1002/rcm.4316
- De Groene D., Bendrey R., Müldner G., Coogan A., Matthews R.** Sheep and goat management in the Early Neolithic in the Zagros region (8000–5000 BC): new zooarchaeological and isotopic evidence from Ganj Dareh, Bestansur and Jarmo // J. of Archaeol. Sci.: Reports. – 2023. – Vol. 49. – Art. 103936. – doi:10.1016/j.jasrep.2023.103936
- Fuller D.Q., Willcox G., Allaby R.G.** Early agricultural pathways: moving outside the ‘core area’ hypothesis in Southwest Asia // J. of Experimental Botany. – 2012. – Vol. 63. – P. 617–633. – doi:10.1093/jxb/err307
- Harris D.R.** Origins of Agriculture in Western Central Asia. – Philadelphia: University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, 2010. – 330 p.
- Naderi S., Rezaei H.-R., Pompanon F., Blum M.G.B., Negrini R., Naghash H.-R., Balkız Ö., Mashkour M., Gaggiotti O.E., Ajmone-Marsan P., Kence A., Vigne J.-D., Taberlet P.** The goat domestication process inferred from large-scale mitochondrial DNA analysis of wild and domestic individuals // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2008. – Vol. 105. – P. 17659–17664. – doi:10.1073/pnas.0804782105
- Özdoğan M.** Archaeological evidence on the westward expansion of farming communities from Eastern Anatolia to the Aegean and the Balkans // Current Anthropology. – 2011. – Vol. 52. – Suppl. S. 415–S. 430. – doi:10.1086/658895
- Richter K.K., Codlin M.C., Seabrook M., Warinner C.** A primer for ZooMS applications in archaeology // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2022. – Vol. 119. – e2109323119. – doi:10.1073/pnas.2109323119
- Silver I.A.** The Ageing of Domestic Animals // Science in Archaeology: A Survey of Progress and Research / eds. D. Brothwell, E.S. Higgs. – London: Thames & Hudson, 1969. – P. 283–302.
- Tang L., Lu H., Song J., Wangdue S., Chen X., Zhang Z., Liu X., Boivin N., Spengler R.N.** The transition to a barley-dominant cultivation system in Tibet: first millennium BC archaeobotanical evidence from Bangga // J. of Anthropol. Archaeology. – 2021. – Vol. 61. – Art. 101242. – doi:10.1016/j.jaa.2020.101242
- Zeder M.A.** The Origins of Agriculture in the Near East. – Current Anthropology. – 2011. – Vol. 52. – Suppl. S. 221 – S. 235. – doi:10.1086/659307
- Zeder M.A., Hesse B.** The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros Mountains 10,000 years ago //

References

- Babina K.A., Shnaider S.V., Bragina A.A., Parkhomchuk E.V.** Testing the Sample Preparation Method and Oxygen Isotopic Analysis of Tooth Enamel for the Reconstruction of the Birth Seasonality of Ovicaprides (the Case of Teeth from Istykskaya Cave, Eastern Pamir). *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2024. Vol. 52, No. 2. P. 47–54. doi:10.17746/1563-0102.2024.52.2.047-054
- Balasse M., Chemineau P., Parisot S., Fiorillo D., Keller M.** Experimental data from Lacaune and Merino sheep provide new methodological and theoretical grounds to investigate autumn lambing in past husbandries. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 2024. Vol. 31, No. 1. P. 75–92. doi: 10.1007/s10816-022-09600-7
- Balasse M., Obein G., Ughetto Monfrin J., Mainland I.** Investigating seasonality and season of birth in past herds: a reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios. *Archaeometry*, 2012. Vol. 54 (2). P. 349–368. doi:10.1111/j.1475-4754.2011.00624.x
- Brown S., Hebestreit S., Wang N., Boivin N., Douka K., Korzow K., Richter K.** Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS) for bone material – Acid insoluble protocol v1 (preprint). *Protocols. IO*. 2020. doi:10.17504/protocols.io.bf43jqyn
- Buckley M., Collins M., Thomas-Oates J., Wilson J.C.** Species identification by analysis of bone collagen using matrix assisted laser desorption/ionisation time of flight mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2009. Vol. 23 (23). P. 3843–3854. doi:10.1002/rcm.4316
- De Groene D., Bendrey R., Müldner G., Coogan A., Matthews R.** Sheep and goat management in the Early Neolithic in the Zagros region (8000–5000 BC): new zooarchaeological and isotopic evidence from Ganj Dareh, Bestansur and Jarmo. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2023. Vol. 49, Article 103936. doi:0.1016/j.jasrep.2023.103936
- Fuller D.Q., Willcox G., Allaby R.G.** Early agricultural pathways: moving outside the ‘core area’ hypothesis in Southwest Asia. *Journal of Experimental Botany*, 2012. Vol. 63. P. 617–633. doi:10.1093/jxb/err307
- Harris D.R.** *Origins of Agriculture in Western Central Asia*. Philadelphia: University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, 2010. 330 p.
- Kasparov A.K.** *Skotovodstvo i okhota epokhi neolita–paleometalla v Yuzhnom Turkmenistane*. Saint-Petersburg: Evropeiskii dom, 2006. 260 p. (In Russ).
- Masson V.M.** Drevneishaya zemledel'cheskaya kul'tura Srednei Azii. *Izvestiya Akademii Nauk Turkmeneskoi SSR, Seriya obshchestvennykh nauk*, 1960. No. 1. P. 69–77. (In Russ).
- Naderi S., Rezaei H.-R., Pompanon F., Blum M.G.B., Negrini R., Naghash H.-R., Balkiz Ö., Mashkour M., Gaggiotti O.E., Ajmone-Marsan P., Kence A., Vigne J.-D., Taberlet P.** The goat domestication process inferred from large scale mitochondrial DNA analysis of wild and domestic individuals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008. Vol. 105. P. 17659–17664. doi:10.1073/pnas.0804782105
- Özdoğan M.** Archaeological evidence on the westward expansion of farming communities from Eastern Anatolia to the Aegean and the Balkans. *Current Anthropology*, 2011. Vol. 52 (Suppl.). P. 415–430. doi:10.1086/658895
- Richter K.K., Codlin M.C., Seabrook M., Warinner C.** A primer for ZooMS applications in archaeology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2022. Vol. 119. e2109323119. doi:10.1073/pnas.2109323119
- Silver I.A.** The Ageing of Domestic Animals. In Brothwell D., Higgs E.S. (eds.) *Science in Archaeology: A Survey of Progress and Research*. London: Thames & Hudson, 1963. P. 283–302.
- Tang L., Lu H., Song J., Wangdue S., Chen X., Zhang Z., Liu X., Boivin N., Spengler R.N.** The transition to a barley dominant cultivation system in Tibet: first millennium BC archaeobotanical evidence from Bangga. *Journal of Anthropological Archaeology*, 2021. Vol. 61. Article 101242. doi:10.1016/j.jaa.2020.101242
- Zeder M.A.** The Origins of Agriculture in the Near East. *Current Anthropology*, 2011. Vol. 52 (Suppl.). P. 221–235. doi:10.1086/659307
- Zeder M.A., Hesse B.** The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros Mountains 10,000 years ago. *Science*, 2000. Vol. 287. P. 2254–2257. doi:10.1126/science.287.5461.2254

Шнайдер С.В. <https://orcid.org/0000-0003-2230-4286>

Бабина К.А. <https://orcid.org/0000-0001-6612-678X>

Каспаров А.К. <https://orcid.org/0000-0001-7761-9301>

Баранова С.В. <https://orcid.org/0000-0001-9228-3025>

Черноносов А.А. <https://orcid.org/0000-0001-8362-2443>

Дата сдачи рукописи: 25.10.2025 г.