



DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu4.2015.1.6>

УДК 902/904

ББК 63.4

**СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА И АЗОТА  
В КОСТЯХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ ИЗ ТРЕХ ГОРОДОВ  
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ:  
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ <sup>1</sup>**

**Яворская Лилия Вячеславовна**

Кандидат исторических наук, научный сотрудник лаборатории естественнонаучных методов в археологии, Институт археологии РАН  
lilechkaavorska@list.ru  
ул. Дм. Ульянова, 117036 г. Москва, Российская Федерация

**Антипина Екатерина Евстафьевна**

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории естественнонаучных методов в археологии, Институт археологии РАН  
bikanty@mail.ru  
ул. Дм. Ульянова, 117036 г. Москва, Российская Федерация

**Энговатова Ася Викторовна**

Кандидат исторических наук, заместитель директора, Институт археологии РАН  
engov@mail.ru  
ул. Дм. Ульянова, 117036 г. Москва, Российская Федерация

**Зайцева Ганна Ивановна**

Кандидат химических наук,  
старший научный сотрудник лаборатории археологической технологии,  
Институт истории материальной культуры РАН  
admin@archeo.ru  
Дворцовая наб., 18, 191186 г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье обсуждаются результаты впервые проведенных целенаправленных исследований изотопного состава (углерод <sup>13</sup>C и азот <sup>15</sup>N) коллагена костей домашних и диких животных из средневековых городов европейской части России. Публикуются данные  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$  для 61 образца из остеологических коллекций Ярослав-

лавля, Ростова Великого и Болгара. Сравнение значений  $\delta^{13}\text{C}$  домашних и диких животных позволило предложить гипотезу о появлении овец, верблюда и собак в Болгаре из южных аридных территорий. Полученные показатели по  $\delta^{15}\text{N}$  обнаружили необъяснимо высокое накопление стабильного изотопа азота в костях овец и верблюда из коллекции Болгара, а также в костях бобра из ростовских образцов.

**Ключевые слова:** стабильные изотопы  $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$  из коллагена костей, домашние и дикие животные, палеодиета, средневековые города европейской части России, остеологические коллекции.

## Введение

Реконструкция системы жизнеобеспечения средневековых городов, в частности такой ее области, как продукты питания горожан, строится на результатах различных археобиологических исследований, в том числе и на данных изучения костей животных из кухонных отбросов. Сегодня в российской археологии при изучении останков животных все чаще используется анализ стабильных изотопов, как минимум углерода и азота. Это дает возможность не только оценить долю и структуру животного белка в пищевом рационе жителей, но и выявить особенности содержания и кормления домашних и детали экологии диких животных.

База данных по изотопному составу коллагена костей животных из средневековых археологических памятников европейской части России, тем более городских, в настоящее время только создается. Поэтому публикация таких сведений с известным археологическим (историческим, хронологическим) контекстом является первоочередной задачей.

В рамках проекта РФФИ № 13-06-12030-офи-м «Естественнонаучные методы в реконструкции системы питания и социальной стратификации населения средневекового европейского города» впервые осуществляются целенаправленные исследования изотопного состава (углерод  $^{13}\text{C}$  и азот  $^{15}\text{N}$ ) коллагена костей домашних и диких животных из средневековых городов европейской части России.

Сегодня уже получены результаты по образцам из трех городов – Ярославля, Ростова Великого и Болгара. В настоящей статье предпринят предварительный анализ этих фактов с обсуждением некоторых аспектов методики их интерпретации.

## Материал, методика и результаты изотопного анализа

Образцы костей животных для изотопного анализа были отобраны из остеологических коллекций Ярославля, Ростова Великого и Болгара, которые возникли в период X – начала XI в. и активно функционировали на протяжении всей эпохи Средневековья, сохранив донныне свои исторические названия.

Все три города расположены в бассейне Волги. Природно-климатические условия этой территории не претерпели кардинальных изменений на протяжении последней тысячи лет. Климат здесь характеризуется как умеренно континентальный: в верховьях Волги (Ярославль, Ростов) со средними температурами для января около  $-11,9\text{ }^\circ\text{C}$  (максимальные  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ), для июля  $+18\text{ }^\circ\text{C}$  (максимальные  $+37\text{ }^\circ\text{C}$ ), в среднем течении (так называемое лесостепное Заволжье, Болгар) размах среднегодовой амплитуды температур (и максимальных значений) по сезонам на  $3\text{--}5\text{ }^\circ\text{C}$  больше. Несмотря на то что Ярославль и Ростов располагаются много севернее Болгара, растительность, окружающая все три города, с доминированием или древесных, или древесно-кустарниковых и травянистых пород по основному пути их фотосинтеза соотносится с так называемыми C-3 растениями.

Археологические исследования в историческом центре Ярославля начались в 2004 г. и продолжаются до настоящего времени под руководством А.В. Энговатовой. Общий объем остеологических коллекций из раскопок этого города составил свыше 100 тыс. костных фрагментов [1]. Для изотопного анализа были взяты образцы от целых скелетов животных или значительных их частей из раскопок на территории «княжого двора». Эти останки животных происходят из санитарных захороне-

ний защитников и жителей города, погибших во время разорения Ярославля войсками Батухана зимой 1238 года [3; 7]. Таким образом, образцы из Ярославля происходят из хорошо датированных комплексов одной усадьбы, а их видовой состав напрямую отражает набор животных, которых содержали в городе. Часть полученных результатов изотопного анализа по этим образцам уже опубликована [5].

Остеологические коллекции из Ростова составляют в совокупности свыше 20 тыс. костных фрагментов и происходят из раскопов в центральной части средневекового города. Раскопки 1994–1996 гг. и 2013 г. проводились под руководством А.Е. Леонтьева и Н.Г. Самойлович. Археологический контекст раскопов соответствует жилой застройке, а образцы для изотопного анализа получены из слоев конца XI – первой половины XII в., когда на месте предшествующего поселения уже появился город [6; 8].

Также как и в двух других городах, остеологические материалы Болгарского городища (свыше 80 тыс. костных фрагментов) собраны при раскопках центральной части древнего города, которыми руководил В.Ю. Коваль.

Образцы костей для анализов взяты из слоев золотоордынского времени – второй половины III – XIV веков. До начала 1350-х гг. в центре существовала жилая застройка, а затем было выстроено монументальное сооружение городского рынка [4; 10].

Таким образом, все представленные для изотопного анализа образцы костей животных отобраны из остеологических коллекций, собранных при раскопках культурных напластований древнего центра каждого из городов, а разброс их датировок находится в хронологическом диапазоне XI–XIV веков.

Археозоологическое исследование этих коллекций и видовые определения образцов костей проведены Е.Е. Антипиной и Л.В. Яворской. Отобранные образцы представляют собой или целые трубчатые кости, или крупные их фрагменты, происходящие от скелетов взрослых особей.

Изотопный анализ представленных в статье образцов сделан под руководством Г.И. Зайцевой в лаборатории археологической технологии Института истории материальной культуры РАН.

Подготовка образцов с конечным выделением коллагена для масс-спектрометрических измерений содержания в нем изотопов  $^{15}\text{N}$  и  $^{13}\text{C}$  проводилась по общепринятой методике [2]. Костные остатки прежде всего были специальным способом очищены от вторичных карбонатов. Выделение коллагена проводилось по традиционной схеме [2, с. 137–143]: костные образцы размягчались в 3 %-ном растворе соляной кислоты (HCl) при охлаждении до 0 °С, затем промывались дистиллированной водой и заливались на сутки 1 %-ным раствором щелочи (NaOH). Далее образец промывался дистиллированной водой и нагревался в слабокислом растворе соляной кислоты: при этом костная ткань постепенно растворялась. Полученный раствор очищался от загрязнений путем центрифугирования. В конце процедуры осадок (коллаген) выпаривался и использовался для анализа.

Анализ изотопного состава углерода и азота выполнен при помощи масс-спектрометра Thermo Finnigan Delta V с элементным анализатором CE/EA-1112. Типичные навески вещества на углерод 0,2–0,4 мг, на азот 0,5–1 мг. В качестве изотопных стандартов использовались: на углерод – USGS24 (графит) и IAEA-CH-7 (полиэтилен), на азот – IAEA-N-2 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При замерах стандарт измерялся через каждые четыре образца.

Воспроизводимость стандартов ( $2\sigma$ ):  $\delta^{13}\text{C} \pm 0,05 \text{ ‰}$ ,  $\delta^{15}\text{N} \pm 0,1 \text{ ‰}$ . Точность анализа составляла:  $\delta^{13}\text{C} \pm 0,1 \text{ ‰}$ ,  $\delta^{15}\text{N} \pm 0,2 \text{ ‰}$ .

Всего исследован 61 образец: из коллекции Ярославля – 15, из Ростова – 18, из Болгара – 28.

По видам результаты изотопного анализа коллагена костей по  $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$  распределяются следующим образом (см. таблицу):

– для крупного рогатого скота КРС (*Bos taurus*) 11 образцов: 3 – из Ярославля, 4 – из Ростова, 4 – из Болгара;

– для лошадей (*Equus caballus*) 12 образцов: 6 – из Ярославля, 3 – из Ростова, 3 – из Болгара;

– для свиней (*Sus scrofa f. domestica*) 10 образцов: 3 – из Ярославля, 3 – из Ростова, 4 – из Болгара;

– для мелкого рогатого скота МРС (овцы/козы – *Ovis/Capra*) 6 образцов: 2 – из Ростова, 4 (овцы) – из Болгара;

– для верблюда (*Camelus camelus*) 2 образца из Болгара;  
 – для собак (*Canis familiares*) 8 образцов: 2 – из Ярославля, 3 – из Ростова, 3 – из Болгара;  
 – для благородного оленя (*Cervus elaphus*) 1 образец из Ярославля;

– для лося (*Alces alces*) 4 образца из Болгара;  
 – для дикого кабана (*Sus scrofa f. ferus*) 2 образца из Болгара;  
 – для бобра (*Castor fiber*) 5 образцов: 3 – из Ростова, 2 – из Болгара.

**Значения  $\delta$  (‰ – промилле) для  $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$  в коллагене костей наземных животных из раскопок трех средневековых городов европейской части России**

Виды	Изотопные данные					
	Ярославль		Ростов		Болгар	
	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$
КРС	7,7	-21,7	5	-21,9	5	-20,5
--- « ---	7,8	-21,6	6,2	-22,2	5,2	-19,7
--- « ---	9,2	-21,6	6,8	-22,3	7	-20,5
--- « ---			7,6	-20,1	8,1	-19,6
Среднее для КРС	8,2	-21,6	6,4	-21,6	6,3	-20
Лошадь	6,1	-23,1	4	-21,8	4	-21,8
--- « ---	6,1	-22,6	4,3	-21,7	6	-20,6
--- « ---	6,2	-23,3	6,2	-22	7,6	-21,8
--- « ---	6,4	-23,6				
--- « ---	6,5	-22,2				
--- « ---	6,8	-22,7				
Среднее для лошади	6,3	-22,9	4,8	-21,8	5,8	-21,4
Свинья	7,6	-22,5	7,3	-21,2	7,9	-21,9
--- « ---	7,8	-23	7,3	-21,7	8	-21,8
--- « ---	8	-22,5	8,8	-22,2	8,1	-21,3
--- « ---					9	-21
Среднее для свиньи	7,8	-22,6	7,8	-21,7	8,2	-21,5
МРС			7,6	-21,3	5,5	-19,4
--- « ---			8,4	-21,4	7,6	-18,9
--- « ---					8,6	-19,4
--- « ---					9,3	-18,6
Среднее для МРС			8	-21,3	7,7	-19
Верблюд					8,5	-19,3
--- « ---					9,8	-17,5
Кабан дикий					7,2	-22,5
--- « ---					7,3	-20
Лось					4	-21,1
--- « ---					5	-21,4
--- « ---					6,5	-21,8
--- « ---					7,3	-21,8
Среднее для лося					5,7	21,6
Олень благородный	5,5	-22,5				
Бобр			4	-23,5	5	-21,1
--- « ---			4,5	-23,6	5,7	-21,9
--- « ---			9,9	-20,9		
Среднее для бобра			6,1	-22,6	5,3	-21,5
Собака	10,7	-20,7	11,7	-20,1	9,3	-18,9
--- « ---	11,1	-20,6	11,7	-20,5	9,7	-17
--- « ---			10,5	-20,5	9,9	-19,7
Среднее для собаки	10,9	-20,6	11,3	-20,3	9,6	-18,5
Количество образцов	15		18		28	

Наибольшее количество образцов исследовано для домашних животных, прежде всего трех видов копытных – КРС, лошади и свиньи. Данные о стабильных изотопах углерода и азота в коллагене костей диких животных рассматриваются здесь как отражение характеристик изотопного фона природных кормовых ресурсов.

### Обсуждение

Несомненно, что интерпретация данных по стабильным изотопам должна происходить в предельно ясных теоретических или полученных опытным путем рамках. Поэтому мы обозначим далее самые важные для нашего исследования общепринятые представления о перемещении стабильных изотопов углерода  $^{13}\text{C}$  и азота  $^{15}\text{N}$  в экосистемах по пищевым цепям в применении к археозоологическим материалам (см.: [9, 11, 12, 14–19]).

Самое общее положение о накоплении стабильного изотопа углерода в коллагене костей травоядных животных связано с фактом приоритетного поедания ими тех или иных растений, различающихся по направлениям фотосинтеза: так называемые С-4 и С-3 пути усвоения углерода и соответственно С4 и С3 растения. С4 растения распространены в теплых, субтропических регионах и представляют собой чаще всего травы. На территории северной Евразии в природных сообществах С4 растения редки, хотя в неблагоприятных, прежде всего аридных условиях у некоторых травянистых С3 растений начинает работать и С4 путь фотосинтеза. Среди культивируемых растений на территории европейской части России к С-4 растениям относится просо. К С3 растениям принадлежат все деревья в любых природных зонах, а также травянистые растения умеренных и холодных широт, где вегетационный период весьма ограничен.

Таким образом, по количеству аккумулярованного в костях травоядных животных (грызунов, копытных и т. п.) стабильного изотопа  $^{13}\text{C}$  в принятых для  $\delta$  единицах (‰ промилле) можно идентифицировать характер растительности и некоторые климатические условия наземных экосистем, в которых они обитали. У травоядных, потребляющих С4 растения, аккумуляция стабильного изотопа уг-

лерода повышена, а их изотопная подпись, как правило, значительно больше, чем  $-20$  ‰. Животные, для которых основным кормом являются С3 растения, показывают значения  $\delta^{13}\text{C}$  заметно меньше  $-20$  ‰.

1. Накопление в костях животных стабильных изотопов азота также подчиняется известным закономерностям круговорота этого элемента в природе. Количество изотопа  $^{15}\text{N}$  в коллагене костей животных зависит прежде всего от базовых запасов азота в почве в доступной растениям форме и уже далее отражает позицию животных в пищевой цепи (растительоядные – плотоядные). Кости плотоядных животных накапливают стабильного изотопа азота больше, чем кости растительноядных [11].

2. Аккумуляция стабильных изотопов углерода  $^{13}\text{C}$  и азота  $^{15}\text{N}$  происходит независимо. Прибавление к  $\delta^{13}\text{C}$  на каждом из трофических уровней происходит примерно на 1–2 ‰ [14]. А содержание  $^{15}\text{N}$  в скелетах животных на каждом последующем трофическом уровне пищевой цепи повышается по дельте на 3–4 ‰ [15; 19].

3. Считается, что эти общие закономерности позволяют строить палеоэкологические реконструкции и выяснять пищевые рационы конкретных животных. Однако наиболее четко и однозначно эти закономерности обнаруживаются на изотопном составе скелетов представителей дикой фауны. Для домашних животных, даже для копытных, человек может в значительной степени менять пищевой рацион. Последствия этого особенно ярко могут проявляться при исследовании костей животных из поселений городского типа, где возможно содержание животных и поставки их на мясо из других регионов.

Поэтому интерпретация изотопного состава костей домашних животных из городов является в методическом плане сложной и неоднозначной задачей.

При обсуждении полученных данных мы придерживаемся указанных выше методических рамок. Однако, как видно из таблицы, в реальности у нас еще нет полных представительных серий для их детального сравнительного анализа. Поэтому понятно, что наши дальнейшие интерпретации носят предварительный характер и главным образом служат для того,

чтобы обнаружить «белые пятна» и уточнить дальнейший план исследования.

По обобщенным средним показателям дельты стабильного изотопа углерода из коллагена костей наземных животных все три рассматриваемые здесь городские коллекции показывают явное сходство между собой. Так для Ярославля среднее  $\delta^{13}\text{C}$  составляет **-22,3**, для Ростова **-21,6**, для Болгара **-20,4 ‰**. Эти цифры хорошо соотносятся с изотопным составом костей современных наземных животных в экосистемах, где доминируют С-3 растения [13; 20; 21].

Вместе с тем изотопные «подписи» животных из Болгара имеют наибольший разброс: максимальная  $\delta^{13}\text{C}$  **-17,0 ‰**, а минимальная **-22,5 ‰** (разница 5,5 промилле), при котором максимальные значения достоверно выбиваются из общего ряда, что требует специального обсуждения по видам.

Изотопная подпись крупного рогатого скота по средним значениям  $\delta^{13}\text{C}$  почти одинакова во всех трех городах – Ярославле, Ростове и Болгаре (соответственно **-21,6**, **-21,6**, **-20,0 ‰**, см. таблицу) и не выходит за указанные средние оценки для всех наземных видов из изучаемых коллекций. Наибольший ее разброс фиксируется для Ростова (максимум **-20,1 ‰**, минимум **-22,3 ‰**, разница 2,2 промилле). Для Болгара разница между максимальными и минимальными значениями  $\delta^{13}\text{C}$  для КРС не превышает одной промилле, но максимальные значения дельты несколько выше отметки в **-20,0 ‰**.

Результаты изотопного анализа коллагена из костей лошадей от шести особей из Ярославля демонстрируют удивительное единообразие значений  $\delta^{13}\text{C}$  (среднее **-22,9 ‰**, см. таблицу). Углеродные изотопные подписи лошадей из Ростова и Болгара оказались с несколько повышенной дельтой, но при этом они близки между собой (среднее: для Ростова **-21,7 ‰**, для Болгара **-21,4 ‰**).

Аналогичное сходство обнаруживает  $\delta^{13}\text{C}$  по коллагену костей свиньи: животные из Ростова и Болгара имеют сходные средние значения дельты (соответственно **-21,7** и **-21,5**). Для свиней из Ярославля  $\delta^{13}\text{C}$  немного ниже указанных (среднее **-22,6 ‰**).

Для коллагена костей мелкого рогатого скота углеродная изотопная подпись получе-

на пока только по коллекциям Ростова и Болгара. В этой паре она показывает для МРС из Болгара существенно более высокую  $\delta^{13}\text{C}$  как по средним, так и конкретным оценкам (см. таблицу). Эти значения близки к данным по верблюду, но достоверно разнятся с изотопными подписями таких видов, как лошадь и свинья, из коллекции того же памятника.

В итоге можно констатировать, что углеродные изотопные подписи овец, верблюда и отчасти крупного рогатого скота из Болгара в наибольшей степени отличаются от средних показателей по травоядным. Они значительно выше значений  $\delta^{13}\text{C}$  для диких животных из того же памятника – кабана, лося и бобра (см. таблицу), которые маркируют природный изотопный фон экосистем в окрестностях Болгара с С3 растениями.

По-видимому, домашние копытные, кости которых обнаружены при раскопках Болгара, происходят из разных экологических регионов. Лошадь и свинья могли содержаться и в самом Болгаре, и/или в его окрестностях, потому что их изотопные подписи тождественны подписям диких животных. А овцы, верблюд и некоторое количество крупного рогатого скота, несомненно, происходят из более отдаленных южных (степных или даже пустынных) регионов. Такой вывод можно сделать на основании ряда биогеохимических закономерностей, которые показывают, что именно аридные условия (высокие температуры и минимальная влажность) способствуют тому, что С-3 растения увеличивают аккумуляции устойчивого изотопа  $^{13}\text{C}$  и даже переходят на С-4 путь фотосинтеза [12]. Мы не рассматриваем здесь возможность увеличения  $\delta^{13}\text{C}$  в коллагене костей указанных домашних копытных за счет их кормления просом (С-4 растения с высоким содержанием стабильного изотопа  $^{13}\text{C}$ ), так как «просьяная монодиета» практически нереальна для мелкого рогатого скота и верблюдов, которые, как правило, в южных степных регионах содержатся на свободном выпасе.

Гипотеза о попадании части домашних животных в Болгар из южных степных регионов представляется наиболее очевидной в отношении верблюда. Находки костей этого вида единичны в Болгаре и полностью отсутствуют в других исследуемых здесь древне-

русских городах. В Средневековье этот вид не разводился в округе Болгара. Вероятно, что небольшое количество верблюдов попадало в город с торговыми караванами из аридных районов Средней Азии, Приуралья, Казахстана или Нижнего Поволжья. Случайные события на стоянке в караван-сараях могли привести к забою или падежу этих животных, а их костей – к попаданию в культурный слой Болгара.

Интересную интригу в наши интерпретации вносят углеродные изотопные подписи костей собак из Болгара. В образцах из рассматриваемых двух северных древнерусских городов кости собак показывают значения  $\delta^{13}\text{C}$  в очень узких пределах: от  $-20,1$  до  $-20,7$  ‰ (см. таблицу). В костях собак из Болгара  $\delta^{13}\text{C}$  полностью совпадает с оценкой этой дельты у верблюдов: от  $-17$  до  $-19,7$  ‰. Принимая гипотезу о попадании в Болгар некоторых копытных из более южных степных и аридных регионов, мы можем предполагать, что и некоторые собаки появлялись в городе вместе со стадами овец и коров или с торговыми караванами.

Рассматривая данные по стабильному изотопу азота, следует остановиться на двух аспектах: насколько полученные значения  $\delta^{15}\text{N}$  характеризуют теоретические различия между диетами травоядных и хищников и положением их в пищевой цепи и насколько диета домашних копытных отличается от таковой у диких травоядных животных.

По средним значениям  $\delta$  изотопная подпись  $^{15}\text{N}$  для собак из городов, как и предполагалось, оказалась явно выше, чем для травоядных. Однако разница по дельте между собакой и травоядными по изучаемым коллекциям неодинакова (см. таблицу). Она максимальна для образцов из Ростова (4,7 промилле), что позволяет допустить принадлежность домашних копытных, в частности КРС, и собаки к одной пищевой цепи. Вероятно, в Ростове собак достаточно часто кормили отходами от туш домашних копытных, в частности коров.

А вот изотопные подписи по азоту одной из коров ( $\delta^{15}\text{N}$  9,2 ‰) в ярославской коллекции, а также свиньи, некоторых овец и верблюда в коллекции из Болгара (соответственно  $\delta^{15}\text{N}$  9,0; 9,3; 9,8 ‰, см. таблицу) оказались с высокими значениями дельты и чрезвычайно близкими к изотопным подписям со-

бак (среднее 9,6 ‰). Если для КРС и свиньи такое высокое значение дельты можно объяснить разными подкормками, в том числе и животного происхождения, то предполагать наличие животных белков в рационе овец и верблюда вряд ли реально. На данном этапе обнаруженное высокое содержание  $^{15}\text{N}$  в коллагене костей этих копытных трудно объяснить. Более того, для овец из Болгара зафиксирован наибольший разброс значений изотопной подписи по азоту от 5,5 до 9,3 ‰ (см. таблицу). На этом фоне содержание  $^{15}\text{N}$  в костях собак из Болгара выглядит обедненным. Однако такие значения, вероятно, объяснимы специфической диетой пастушеских собак с низкими объемами мясной пищи.

Сравнение диеты домашних и диких копытных по  $\delta^{15}\text{N}$  показывает различия в 2–3 промилле. Это вполне закономерно, если в диете домашних копытных к природным кормам (травы, листья, ветки в свежем и сухом виде) добавляли разные части сельскохозяйственных культур (зерно, солома, корнеплоды и т. д.) и даже животные белки, которые обогащены  $^{15}\text{N}$ . Вместе с тем часть домашних копытных, в частности лошади из Ростова и Болгара, оказалась максимально приближенной по диете к диким копытным: вероятно, они круглогодично содержались на вольном выпасе.

Неожиданным и необъяснимым для нас стало значение  $\delta^{15}\text{N}$  для одной кости бобра из ростовской коллекции (9,9 ‰, см. таблицу). Оно несоизмеримо высоко, особенно на фоне анализов двух костей других бобров, и противоречит представлениям о диете этого животного как исключительно древесноядного. В то же время мы не склонны объяснять эту флюктуацию предположениями о поедании бобром мелких животных.

В процессе исследования мы убедились, что изотопный анализ позволяет узнать некоторые важные, но скрытые стороны диеты конкретных особей. Однако для того чтобы связать эти данные с системой содержания и кормления домашних копытных, необходимо включить в исследование анализ размеров самих животных, а также информацию об имевшихся у них костных патологиях. Такое параллельное рассмотрение станет следующим важным шагом в наших исследованиях.

## Выводы

Полученные данные о содержании стабильных изотопов  $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$  в костях животных из трех средневековых городов европейской части России позволили сделать следующие выводы:

1. Судя по средним показателям  $\delta^{13}\text{C}$  диета домашних копытных из двух изучаемых коллекций (Ярославль и Ростов Великий) базировалась на растительных кормах ближайшей городской округи с добавлением белков животного и зернового происхождения.

2. Содержание  $^{13}\text{C}$  в костях домашних копытных Болгара позволяет выдвинуть гипотезу о поставках баранины и некоторого количества говядины в этот город из южных степных аридных регионов.

3. Данные по  $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$  в костях собак из Болгара заставляют предполагать, что эти особи были пастушескими собаками и появились вместе со стадами овец из южных степных регионов.

4. Для достоверной интерпретации необъяснимо высокого накопления  $^{15}\text{N}$  в костях отдельных домашних копытных из Ярославля и Болгара, а также в костях бобра из Ростова необходимы дальнейшие исследования более многочисленных серий образцов как по домашним, так и по диким животным, с обязательным расширением видового списка за счет мелких млекопитающих, птиц и рыб. Кроме того, для отдельных видов, в частности для овец, удачным дополнением будут данные по стронцию как индикатору той или иной степени мобильности животных.

## ПРИМЕЧАНИЕ

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке проекта РФФИ № 13-06-12030 ОФИ-м.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипина, Е. Е. Растения и животные / Е. Е. Антипина, Е. Ю. Лебедева // Археология древнего Ярославля. Загадки и открытия. – М. : ИА РАН, 2012. – С. 144–229.

2. Арсланов, Х. А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология / Х. А. Арсланов. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. – 300 с.

3. Археология древнего Ярославля. Загадки и открытия / авт.-сост. А. В. Энговатова. – М. : ИА РАН, 2012. – 295 с.

4. Коваль, В. Ю. Торговый инвентарь из раскопок базара середины XIV в. в Болгаре / В. Ю. Коваль // Поволжская археология. – 2013. – № 4 (6). – С. 9–33.

5. Коллективные захоронения в Ярославле. Реконструкция системы питания на основе результатов изотопного анализа / А. В. Энговатова [и др.] // Краткие сообщения Института археологии. – 2013. – № 228. – С. 96–115.

6. Леонтьев, А. Е. Ростов эпохи Ярослава Мудрого (по материалам археологических исследований) / А. Е. Леонтьев // Историческая археология. Традиции и перспективы. – М. : Памятники исторической мысли, 1998. – С. 135–153.

7. Массовые средневековые захоронения в Ярославле: анализ археологических и антропологических материалов / А. В. Энговатова [и др.] // Российская археология. – 2009. – № 2. – С. 68–78.

8. Самойлович, Н. Г. Стратиграфия и хронология Григорьевского раскопа в Митрополичьем саду Ростовского кремля / Н. Г. Самойлович // Практика и теория археологических исследований / отв. ред. А. С. Смирнов. – М. : ИА РАН, 2001. – С. 226–242.

9. Тиунов, А. В. Стабильные изотопы углерода и азота в почвенно-экологических исследованиях / А. В. Тиунов // Известия РАН. Серия «Биология». – 2007. – № 4. – С. 475–489.

10. Яворская, Л. В. Специфика заполнения культурных слоев и динамика мясного потребления в городе Болгар (по археозоологическим материалам раскопа CLXXIX) / Л. В. Яворская // Поволжская археология. – 2013. – № 3 (5). – С. 91–102.

11. Ambrose, S. H. Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs / S. H. Ambrose // Journal of archaeological science. – 1991. – № 18 (3). – P. 293–317.

12. Bocherens, H. Isotopic biogeochemistry and the palaeoecology of the mammoth steppe fauna / H. Bocherens // Deinsea. – 2003. – Vol. 9. – P. 57–76.

13. Bocherens, H. Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems / H. Bocherens, D. Drucker // International journal of osteoarchaeology. – 2003. – № 13. – P. 46–53.

14. DeNiro, M. J. Influence of diet on distribution of carbon isotopes in animal / M. J. DeNiro, S. Epstein // Geochemica et cosmochimica acta. – 1978. – № 42. – P. 495–506.

15. DeNiro, M. J. Influence of diet on distribution of nitrogen isotopes in animal / M. J. DeNiro, S. Epstein // Geochemica et cosmochimica acta. – 1981. – № 45. – P. 341–351.



16. DeNiro, M. J. Stable isotopes and archaeology / M. J. DeNiro // *American scientist*. – 1987. – № 75. – P. 182–191.

17. Isotopic palaeodiet studies of ancient Egyptian fauna and humans / A. H. Thompson, M. P. Richards, A. Shortland, S. R. Zakrzewski // *Journal of archaeological science*. – 2005. – № 32 (3). – P. 451–463.

18. Merwe, N. J. van der. Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology / N. J. van der Merwe // *American scientist*. – 1982. – № 70. – P. 596–606.

19. Muldner, G. Fast or feast: reconstructing diet in later medieval England by stable isotope analysis / G. Muldner, M. P. Richards // *Journal of archaeological science*. – 2005. – № 32. – P. 39–48.

20. Petzke, K. J. Choice of dietary protein of vegetarians and omnivores is reflected in their hair protein C-13 and N-15 abundance / K. J. Petzke, H. Boeing, C. C. Metges // *Rapid communications in mass spectrometry*. – 2005. – № 19. – P. 1392–1400.

21. Pollard, A. M. Global biogeochemical cycles and isotope systematic – how the world works / A. M. Pollard, L. Wilson // *Handbook of archaeological sciences* / ed. by D. R. Brothwell, A. M. Pollard. – Chichester: Wiley-Blackwell, 2005. – P. 191–201.

#### REFERENCES

1. Antipina E.E., Lebedeva E.Yu. Rasteniya i zhivotnye [Plants and Animals]. *Arkheologiya drevnego Yaroslavl'ya. Zagadki i otkrytiya* [Archeology of Ancient Yaroslavl]. Moscow, IARAN Publ., 2012, pp. 144–229.

2. Arslanov Kh.A. *Radiouglerod: geokhimiya i geokhronologiya* [Radiocarbon: Geochemistry and Geochronology]. Leningrad, Izd-vo Leningradskogo Universiteta, 1987. 300 p.

3. Engovatova A.V. *Arkheologiya drevnego Yaroslavl'ya. Zagadki i otkrytiya* [Archeology of Ancient Yaroslavl. Mysteries and Discoveries]. Moscow, IARAN Publ., 2012. 295 p.

4. Koval V.Yu. Torgovyy inventar iz raskopok bazara srediny XIV v. v Bolgare [Trading Implements From Excavations on the Territory of Market of the Middle of 14<sup>th</sup> Century in Bolgar]. *Povolzhskaya arkheologiya*, 2013, no. 4 (6), pp. 9–33.

5. Engovatova A.V., Dobrovolskaya M.V., Antipina E.E., Zaytseva G.I. Kollektivnye zakhoroneniya v Yaroslavl'e. Rekonstruktsiya sistemy pitaniya na osnove rezultatov izotopnogo analiza [Collective Burial in Yaroslavl. Reconstruction of Nutrition System Under the Results of Isotopic Analysis]. *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii*, 2013, no. 228, pp. 96–115.

6. Leontyev A.E. Rostov epokhi Yaroslava Mudrogo (po materialam arkheologicheskikh

issledovaniy) [Rostov in the Era of Yaroslav the Wise (Based on the Materials of Archaeological Research)]. *Istoricheskaya arkheologiya. Traditsii i perspektivy* [Historical Archaeology. Traditions and Prospects]. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 1998, pp. 135–153.

7. Engovatova A.V., et al. Massovye sredne-vekovye zakhoroneniya v Yaroslavl'e: analiz arkheologicheskikh i antropologicheskikh materialov [Mass Medieval Burial in Yaroslavl: Analysis of Archaeological and Anthropological Materials]. *Rossiyskaya arkheologiya*, 2009, no. 2, pp. 68–78.

8. Samoylovich N.G. Stratigrafiya i khronologiya Grigoryevskogo raskopa v Mitropolichyem sadu Rostovskogo kremlya [Stratigraphy and Chronology of Grigoriev's Excavation Plot in the Metropolitan Garden of the Rostov Kremlin]. Smirnov A.S., ed. *Praktika i teoriya arkheologicheskikh issledovaniy* [The Practice and Theory of Archaeological Research]. Moscow, IARAN Publ., 2001, pp. 226–242.

9. Tiunov A.V. Stabilnye izotopy ugleroda i azota v pochvenno-ekologicheskikh issledovaniyakh [Stable Isotopes of Carbon and Nitrogen in the Soil-Ecological Studies]. *Izvestiya RAN. Seriya "Biologiya"*, 2007, no. 4, pp. 475–489.

10. Yavorskaya L.V. Spetsifika zapolneniya kulturnykh sloev i dinamika myasnogo potrebleniya v gorode Bolgar (po arkheozoologicheskim materialam raskopa CLXXIX) [Specificity of Cultural Layers Filling and the Dynamics of Meat Consumption in Bolgar Town (Based on the Archaeozoological Materials From Excavation Plot CLXXIX)]. *Povolzhskaya arkheologiya*, 2013, no. 3 (5), pp. 91–102.

11. Ambrose S.H. Effects of Diet, Climate and Physiology on Nitrogen Isotope Abundances in Terrestrial Foodwebs. *Journal of Archaeological Science*, 1991, no. 18 (3), pp. 293–317.

12. Bocherens H. Isotopic Biogeochemistry and the Palaeoecology of the Mammoth Steppe Fauna. *Deinsea*, 2003, vol. 9, pp. 57–76.

13. Bocherens H., Drucker D. Trophic Level Isotopic Enrichment of Carbon and Nitrogen in Bone Collagen: Case Studies From Recent and Ancient Terrestrial Ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2003, no. 13, pp. 46–53.

14. DeNiro M.J., Epstein S. Influence of Diet on Distribution of Carbon Isotopes in Animals. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 1978, vol. 42, pp. 495–506.

15. DeNiro M.J., Epstein S. Influence of Diet on Distribution of Nitrogen Isotopes in Animals. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 1981, vol. 45, pp. 341–351.

16. DeNiro M.J. Stable Isotopes and Archaeology. *American Scientist*, 1987, vol. 75, pp. 182–191.

17. Thompson A.H., Richards M.P., Shortland A., Zakrzewski S.R. Isotopic Palaeodiet

Studies of Ancient Egyptian Fauna and Humans. *Journal of Archaeological Science*, 2005, no. 32 (3), pp. 451-463.

18. Merwe N.J. van der. Carbon Isotopes, Photosynthesis and Archaeology. *American Scientist*, 1982, vol. 70, pp. 596-606.

19. Muldner G., Richards M.P. Fast or Feast: Reconstructing Diet in Later Medieval England by Stable Isotope Analysis. *Journal of Archaeological Science*, 2005, no. 32, pp. 39-48.

20. Petzke K.J., Boeing H., Metges C.C. Choice of Dietary Protein of Vegetarians and Omnivores Is Reflected in Their Hair Protein C-13 and N-15 Abundance. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2005, no. 19, pp. 1392-1400.

21. Pollard A.M., Wilson L. Global Biogeochemical Cycles and Isotope Systematic - How the World Works. Brothwell D.R., Pollard A.M., ed. *Handbook of Archaeological Sciences*. Chicester, Wiley-Blackwell, 2005, pp. 191-201.

**THE STABLE ISOTOPES OF CARBON AND NITROGEN  
IN THE BONES OF DOMESTIC ANIMALS FROM THREE CITIES  
OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA:  
FIRST RESULTS AND INTERPRETATIONS**

**Yavorskaya Liliya Vyacheslavovna**

Candidate of Historical Sciences, Researcher,  
Laboratory of Natural Science Methods in Archaeology, Institute of Archaeology of RAS  
lilechkayavorska@list.ru  
Ulyanova St., 19, 117036 Moscow, Russian Federation

**Antipina Ekaterina Evstafiyevna**

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,  
Laboratory of Natural Science Methods in Archaeology, Institute of Archaeology of RAS  
bikanty@mail.ru  
Ulyanova St., 19, 117036 Moscow, Russian Federation

**Engovatova Asya Viktorovna**

Candidate of Historical Sciences, Deputy Director of Institute of Archaeology of RAS  
engov@mail.ru  
Ulyanova St., 19, 117036 Moscow, Russian Federation

**Zaytseva Ganna Ivanovna**

Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Archaeological Technology,  
Institute of History of Material Culture of RAS  
admin@archo.ru  
Dvortsovaya Emb., 18, 191186 Saint Petersburg, Russian Federation

**Abstract.** The paper outlines the results of first purposeful research on isotopic composition (carbon  $^{13}\text{C}$  and nitrogen  $^{15}\text{N}$ ) in the bones collagen of domestic and wild animals from medieval towns at the European part of Russia. The published information about  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$  was obtained from 61 samples of osteological collections of Yaroslavl, Rostov and Bolgar. The average values of carbon isotope in cattle bones are almost the same in all three cities. By contrast, these values for horses and pigs from Rostov and Bolgar are higher than for Yaroslavl animals. Unusual similarity for  $\delta^{13}\text{C}$  in the bones of sheep, camels and dogs among themselves from the Bolgar collection were fixed. The comparative analysis of the values  $\delta^{13}\text{C}$  in bones of domestic and wild animals allowed us to propose the hypothesis that sheep, camels and dogs appeared in Bolgar from the southern arid areas. The data on  $\delta^{15}\text{N}$

showed the inexplicably high accumulation of the nitrogen stable isotope in sheep and camel bones from the collection of Bolgar and in beaver bones from Rostov samples. This is probably due to the peculiarities of the diet of these dogs, enriched by the entrails of domestic ungulates or fish. The minimum values of  $\delta^{15}\text{N}$  in the bones of dogs from Bolgar reflect the specific diet of herding dogs with a minimal volume of meat. Simultaneously the data of  $^{15}\text{N}$  in sheep and camel bones from Bolgar collection and in beaver bones from Rostov samples showed the inexplicably high level of nitrogen stable isotope accumulation.

**Key words:** stable isotopes  $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$  from bone collagen, domestic and wild animals, palaeodiet, medieval towns at the European part of Russia, osteologic collections.