

## СИСТЕМА ПИТАНИЯ СРЕДНЕДОНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ СКИФСКОГО ВРЕМЕНИ: ХОЗЯЙСТВО И ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЙ ФАКТОР (ПО ДАННЫМ О СОСТАВЕ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА И АЗОТА)

**Введение.** Изотопный анализ коллагена костной ткани зарекомендовал себя как надежный инструмент для исследования диеты и хозяйства древних людей, прочно утвердившись в арсенале археологов и антропологов. Данные об изотопных соотношениях двух элементов углерода и азота используют для оценки доли белковой пищи животного происхождения, доли растительной пищи, водного компонента рациона. В данном исследовании этот подход используется с целью реконструкции пищевых моделей и среды обитания людей, оставивших курганные и грунтовые погребальные памятники скифского времени на Среднем Дону.

**Материалы и методы.** В статье проанализированы данные об изотопном составе коллагена костной ткани носителей среднедонской культуры скифского времени из курганных некрополей Среднего Дона конца V–IV вв. до н.э. – Колбино I, Терновое I, Горки I, Девица V, Дуровка. Также были исследованы индивиды из грунтового могильника Семилукского городища и грунтового могильника с территории Верхнего Дона Ксизово-19. Определение соотношения тяжелых и легких изотопов азота и углерода ( $\Delta^{15}\text{N}$  и  $\Delta^{13}\text{C}$ ) проведено на базе Центра коллективного пользования «Масс-спектрометрические исследования» ЦКП (изотопного анализа) Института проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН.

**Результаты.** Получен 81 образец коллагена костной ткани из 5 курганных и двух грунтовых погребальных памятников среднедонского региона. Величины изотопных соотношений для индивидов из подкурганных погребений колеблются в пределах от -21‰ до -12‰ (углерод) и от 10‰ до 13‰ (азот). Аналогичные величины для образцов из грунтовых погребений варьируют от -20‰ до -14‰ и от 10‰ до 12‰ соответственно. Сравнение изотопных данных по группам населения скифского времени с различной погребальной обрядностью, выявило повышенную встречаемость индивидов с более высокими значениями  $\delta^{15}\text{N}$  в образцах из подкурганных погребений.

**Заключение.** Впервые получены достоверные данные об изотопном составе коллагена костной ткани и выполнены реконструкции пищевых моделей кочевников раннего железного века лесостепи Восточной Европы, что позволило сформулировать гипотезы о различиях в хозяйственных укладах носителей традиций курганных и грунтовых погребений на Среднем Дону, а также о широком разнообразии традиций питания и экологических условий жизни «курганного населения».

**Ключевые слова:** палеоантропология; ранний железный век; изотопный анализ; Средний Дон; курганные и грунтовые некрополи; палеодиетологические реконструкции

---

### Введение

С исследованием древнего населения региона Среднего Дона, связана одна из давних дискуссий в советской, а затем и в российской археологии, начавшаяся со времен первых исследователей региона и продолжающаяся по сегодняшний день.

Изучение проблем, связанных с происхождением материальной культуры, погребального об-

ряда, хозяйственной, генетической, политической идентификации населения среднедонского региона скифского времени, вероятно, связанного со Скифией Геродота, является одной из приоритетных задач отечественной археологии.

Основная дискуссия относительно генезиса и места «подкурганного населения» Среднего Дона в раннем железном веке развернулась по следующим позициям:

1. Соотношение определенных категорий памятников с легендарными историческими этносами (скифы, будины, гелоны, невры и пр.) [Медведев, 2004].
2. Вопрос об истоках происхождения и сложения кочевого населения на Среднем Дону в конце V века до н.э.
3. Вопрос об одновременном сосуществовании на единой территории этнических групп различного происхождения

В настоящее время относительно происхождения населения Среднего Дона скифского времени высказано несколько наиболее обоснованных гипотез:

**Гипотеза 1.** Носители среднедонской культуры скифского времени конца V века и до конца IV века до н.э. – это *собственно скифское население*, кочевавшее в Нижнем и Среднем Подонье и оставившие такие памятники в Среднем Подонье, как курганные некрополи Колбино I, Терновое I, Дуровка. К ним близки по погребальному обряду и материальной культуре нижнедонские некрополи: Кашеевка, Сладковка, Шолоховский. При этом допускается возможность проживания в Подонье наряду со скифами других этнических групп: мотских, савроматских, финно-угорских и других [Гуляев, 2000].

**Гипотеза 2.** Носители среднедонской культуры скифского времени с конца V века и до конца IV века до н.э. – это *две различные этно-социальные группы* древнего населения лесостепи, упомянутые Геродотом. *Гелоны* – пришлые ираноязычные кочевники. Согласно древнему автору, они были родственны скифам и составляли верхний социальный слой населения. Их погребения находятся под курганными насыпями. *Будины* – представители автохтонного населения, оставившего городища и поселения, которые синхронны курганной группе. Их погребальный обряд связан с труположением в грунтовых могилах, а их этноязыковая принадлежность неизвестна [Медведев, 1999].

**Гипотеза 3.** Носители среднедонской культуры скифского времени к конца V века и до конца IV века до н.э. – *савроматы*, мигрировавшие в среднее течение р. Дон, с территории нижнедонских степей и жившие в этом регионе совместно с аборигенными племенами и оказывавшие сильное культурное и политическое влияние на последних [Смирнов, 1984; Максименко, 1983].

Несмотря на то, что уже многие годы между сторонниками этих гипотез идет острая дискуссия, их объединяет *концепция миграции в воронежские лесостепи кочевников из восточноевропейских степей*.

Мы попытались обсудить этот вопрос, основываясь на данных палеоэкологического исследования. Связанного с изучением изотопного состава коллагена скелетных материалов.

Изотопный состав коллагена костной ткани человека, животных, а также изотопный состав растений – цепи единых трофических цепей. Это знание послужило основанием к тому, чтобы изотопные данные стали широко применяться в практике биоархеологических исследований с конца семидесятых годов прошлого века. В настоящее время редкое палеоэкологическое исследование палеоантропологических материалов обходится без оценки изотопной специфики состава костной ткани и дентина зубов. Один из первых базовых обзоров теоретических основ, практической осуществимости и ограничений метода представлен в работе Генри Шварца и Маргарет Шонингер «Анализ стабильных изотопов в экологии питания человека» [Schwarcz, Schoeninger, 1991].

Изотопный состав углерода и азота коллагена костной ткани и дентина зубов зависит от ряда экологических факторов. Как известно, углерод и азот из органических соединений, попадающий в пищеварительную систему, поступает из растений (продуцентов) и животных (консументов различных уровней). Изотопный состав этих элементов различен изменяется в звеньях трофических цепей. В процессе фотосинтеза происходит фракционирование изотопов углерода. Цикл Кальвина типичен для большинства травянистых и древесных растений, этот тип фотосинтеза формирует молекулу с тремя атомами углерода (C<sub>3</sub>). Другой вариант фотосинтеза (цикл Хэтча-Слэка) формирует молекулу с четырьмя атомами углерода (C<sub>4</sub>), и характерен для растений аридных районов (сахарный тростник, кукуруза, просо). В результате фотосинтеза изотопный состав углерода, получаемого растениями из воздуха или воды, изменяется в сторону уменьшения доли тяжелых атомов.

Тяжелые изотопы азота и углерода содержатся в малых количествах, их присутствие принято оценивать изотопное соотношение в величинах дельта (Δ), которые измеряются в промилле (‰) и высчитываются по следующим формулам:

$$\Delta^{13}\text{C} = \left[ \left( \frac{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{образца}}}{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{стандарт}}} \right) - 1 \right] \times 1000;$$

$$\Delta^{15}\text{N} = \left[ \left( \frac{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}_{\text{образца}}}{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}_{\text{стандарт}}} \right) - 1 \right] \times 1000.$$

Как стандарт для азота используется атмосферный азот, а для углерода – «Pee Dee Belemnite» (PDB) из морских окаменелостей мелового периода *Belemnitella americana* из формации Пии Дии в Южной Каролине (США). Отложения имеют высокое отношение <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C (0.0112372) и приняты в качестве эталона нулевого значения Δ<sup>13</sup>C.

Для описанных основных двух типов фотосинтеза существуют свои границы изменчивости Δ<sup>13</sup>C:

для  $C_3$  – от -35 до -22‰, а для  $C_4$  – от -17 до -9‰ [Тукот, 2004]. Отправная точка для наземных экосистем – величина  $\delta$  углекислого газа воздуха. Величина  $\Delta^{13}C$  воздушного углерода составляет около -7‰. Величина трофического «шага»  $\Delta^{13}C$  при переходе от одного трофического уровня к другому варьирует от 0,8 до 5‰. Согласно предположениям С. Амброза и Л. Норра [Ambrose, Norr, 1993], эта величина зависит от размеров тела организма-консумента, его метаболизма и структуры питания. Для человека, как правило, величина трофического шага приближается к максимальной величине – 5‰.

Изотопный состав азота обычных растений зависит от особенности почвы, а состав азота в тканях азотфиксирующих растений приближен к изотопному составу азота воздуха (около 0‰). Наземные и морские экосистемы также различаются по изотопному составу азота. Величина  $\Delta^{15}N$  азота океанических систем много выше, так как доля тяжелых изотопов там больше. Протеин морского происхождения характеризуются значениями  $\Delta^{15}N$  от 14 до 20‰ [Shoeninger, DeNiro, 1984], в то время как изотопное соотношение азота мышечной ткани травоядных наземных животных составляет до 3–7‰. Величина трофического шага  $\Delta^{15}N$  в трофических цепочках значительно варьирует и в среднем составляет 3‰. Существенные изменения изотопного состава азота происходят при переходе с одного трофического уровня на другой в аридных экосистемах (до 5–6‰). В гумидных экосистемах величина такого изменения не превышает 3‰ [Liden, Nelson, 1994].

Многочисленные исследования современных экосистем выявили прямую связь между температурой и величиной  $\Delta^{13}C$  и обратную – с влажностью [например, Simonova, Volkov, Markelova et al., 2017; Kovda, Morgun, Golubeva, 2010, Масленникова Удачин, Дерягин, 2012]. Таким образом продемонстрировано, что дельта углерода является маркером климатических ситуаций.

Как отмечалось выше, экологические закономерности динамики изотопного состава углерода и азота в различных экосистемах стали причиной того, что данные об соотношении стабильных изотопов углерода и азота активно используются в биоархеологических исследованиях с целью реконструкции особенностей питания людей и животных [Brown, Brown, 2011]. Гораздо реже используются возможность с целью характеристики мобильности ( $\Delta^{13}C$ ) и азота ( $\Delta^{15}N$ ), что поможет нам выявить возможные перемещения древних людей из одной природно-климатической зоны в другую [Hollund et al., 2010, Шишлина, 2015]. В данном случае под широким термином «мобильность» мы

имеем в виду факт перемещения человека, жившего в одних природно-климатических условиях на протяжении нескольких лет, в другие. Скорость обновления органических соединений компактной костной ткани такова, что отражает особенности поступления углерода и азота пищи за последние семь-десять лет. Поэтому недавние переселенцы из районов с отличными природно-климатическими условиями должны сохранить эту экологическую специфику в изотопных параметрах коллагена. Возможность изучить изотопный состав коллагена погребенных в курганах скифского времени на Среднем Дону позволит реконструировать пищевые модели, а также проследить наличие или отсутствие особенностей, характерных для степных экосистем.

## Материалы и методы

В основу данной работы положены материалы из среднедонских погребальных памятников раннего железного века Колбино I, Терновое I, Горки I, Девица V, Дуровка, Семилукское городище и грунтового могильника Кзизово-19. Из более ста образцов коллагена костной ткани восемьдесят один характеризовался сохранностью, позволяющей определять прижизненное соотношение изотопов  $^{13}C/^{12}C$  и  $^{15}N/^{14}N$ . Определения  $\Delta^{13}C$  и  $\Delta^{15}N$ , проводилось в межинститутском академическом Центре коллективного пользования Института проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН, под руководством д.б.н. А.В. Тиунова.

Могильник Колбино I расположен на территории Репьевского района Воронежской области, раскапывался в 1993–2003 годах и 2006 году Донской экспедицией Института археологии (ИА) РАН. Из более 50 погребений для анализа доступными оказались 30, из них 15 индивидов мужского пола, 10 индивидов женского пола и 5 детей, а также 2 образца костной ткани скелетов лошадей (табл. 1).

Могильник Терновое I расположен на территории Семилукского района Воронежской области, в непосредственной близости от могильника Колбино I, два могильника разделены глубоким оврагом и относятся административно к разным районам. Могильник раскапывался в 1993–2003 гг. Из имеющихся в наличии палеоантропологических материалов для анализа доступными оказались 7 индивидов, из них 3 мужского пола, 4 женского пола, детские погребения отсутствуют (табл. 2).

Могильник Горки I находится на территории Красненского района Белгородской области, на границе с Воронежской областью в бассейне

Таблица 1. Индивидуальные значения  $\Delta^{13}\text{C}$  и  $\Delta^{15}\text{N}$  в образцах из могильника Колбино I  
 Table 1.  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{15}\text{N}$  individual values for the samples from the Kolbino-I

Курган	Погребение	Пол	Возраст	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	%C	%N	atom C/N
1	1	муж	25-30 лет	-17,31	11,03	37,0	13,2	3,3
3	1	муж	35-45 лет	-18,48	11,65	41,6	14,6	3,3
6	1	муж	25-30 лет	-15,45	12,52	38,5	13,7	3,3
7	2	муж	40-50 лет	-13,79	12,63	36,4	13,1	3,2
12	1	муж	40 +	-18,11	12,07	40,3	14,6	3,2
13	1	муж (?)	45-50 лет	-19,53	11,05	39,1	14,0	3,3
16	1	муж	35-45 лет	-18,52	11,38	38,2	13,6	3,3
17	1	муж	25-30 лет	-16,96	12,52	33,5	12,0	3,2
22	1	муж	30-39 лет	-16,62	12,37	41,1	14,8	3,2
30	1	муж	20-39 лет	-18,42	11,84	34,9	12,3	3,3
32	1	муж	30-39 лет	-16,04	11,46	23,2	8,3	3,3
33	1	муж	30-39 лет	-17,20	11,49	21,3	7,5	3,3
34	3	муж	35-45 лет	-15,73	11,87	35,8	12,8	3,3
29	1	–	ad.	-15,84	10,76	38,9	13,9	3,3
49	1	–	ad.	-16,41	12,76	37,9	13,6	3,2
4	1	жен	20-25 лет	-16,33	11,67	22,9	8,1	3,3
5	1	жен	40-50 лет	-18,61	11,99	53,5	19,1	3,3
7	1	жен	45-50 лет	-16,39	11,82	37,2	13,2	3,3
8	4	жен	30-35 лет	-16,34	12,02	40,6	14,4	3,3
8	1	жен	40-49 лет	-14,28	11,60	35,7	12,8	3,2
10	1	жен	50 +	-17,36	11,68	41,4	14,8	3,3
11	2	жен	35-40 лет	-18,19	11,55	37,7	13,4	3,3
21	1	жен	30-39 лет	-15,66	12,12	38,6	13,9	3,2
35	2	жен	20-25 лет	-16,26	11,72	36,6	13,2	3,2
47	2	жен	20-29 лет	-15,17	10,97	9,7	3,3	3,4
11	1	–	около 3 лет	-16,92	11,13	28,5	10,1	3,3
26	1	–	около 8 лет	-17,37	11,11	38,2	13,6	3,3
36	1	–	?	-15,89	12,10	34,8	12,5	3,3
40	1	–	около 9 лет	-15,54	11,34	31,7	11,5	3,2
47	1	–	около 0,5 лет	-16,35	11,61	36,0	13,0	3,2
М				-16,70	11,72	–	–	–
33, лошадь				-21,15	6,33	32,8	11,7	3,3
13, лошадь				-21,48	5,52	41,6	14,9	3,3

р. Потудань. Проанализированы образцы костной ткани 7 индивидов, из них 5 мужского, 2 женского пола (табл. 3).

Могильник Дуровка расположен на территории Красненского района Белгородской области, около д. Вербное, название могильника происходит от прежнего названия д. Вербное: Дуровка. Проанализировано 5 индивидов, все индивиды мужского пола (табл. 4).

Могильник Девица V находится в Острогожском районе Воронежской области, рядом с населенными пунктами Девица и Болдыревка. Образцы взяты из 6 скелетов взрослых мужчин и двух взрослых лошадей (табл. 5).

Грунтовые погребения Семилукского городища расположены в Воронежской области [Разуваев,

2018]. Погребения были совершены в ямах различных форм, с неустойчивым положением скелетов, что дало основание полагать, что в некоторые из ям были сброшены тела без совершения погребального обряда. Большинство индивидов – это дети различного возраста. Выделено 15 образцов коллагена, 14 из которых представляют детей в возрасте от шести до десяти лет, а один – взрослого мужчину (табл. 6).

Грунтовый могильник Ксизово 19 расположен на территории Задонского района Липецкой области, датируется VI–IV вв. до н.э. Погребения совершены в грунтовых ямах [Обломский, Разуваев, 2013]. Образцы получены из шести мужских и четырех женских скелетов, а также одного индивида около 9 лет, пол которого не определен. (табл. 7).

**Таблица 2. Индивидуальные значения  $\Delta^{13}\text{C}$  и  $\Delta^{15}\text{N}$  образцах из могильника Терновое I**  
**Table 2.  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{15}\text{N}$  individual values for the samples from the Ternovoe-I burial mounds**

Курган	Погребение	Пол	Возраст	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	%C	%N	atom C/N
12	1	муж	29-30	-20,53	11,21	39,7	14,1	3,3
7	1	муж	30-35	-18,96	11,85	36,4	13,0	3,3
4	1	муж?	около 12 лет	-17,20	10,90	29,1	10,2	3,3
6	1	жен	30-35	-15,66	10,70	33,0	11,6	3,3
8	1	жен	30-39	-15,03	12,57	41,7	14,8	3,3
10	1	жен	50 +	-17,09	12,65	40,5	14,5	3,2
1	2	жен	20-25	-14,08	10,60	38,8	13,8	3,3
М				-16,94	11,50			

**Таблица 3. Индивидуальные значения  $\Delta^{13}\text{C}$  и  $\Delta^{15}\text{N}$  образцах из могильника Горки I**  
**Table 3.  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{15}\text{N}$  individual values for the samples from the Gorki-I burial mounds**

Курган	Погребение	Пол	Возраст	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	%C	%N	atom C/N
12	5	муж	35-45	-19,96	10,51	20,1	7,2	3,3
16	1	муж	25-35	-19,90	11,09	34,5	12,4	3,3
9	1	?	ad.	-15,39	10,84	37,9	13,3	3,3
12	6	?	ad.	-15,95	11,17	37,1	13,2	3,3
13	1	?	ad.	-11,91	12,37	38,0	14,0	3,2
10	1	жен	40-49	-16,45	11,17	29,9	10,6	3,3
12	1	жен?	около 12 лет	-19,72	11,09	35,7	12,7	3,3
М				-17,04	11,18			

**Таблица 4. Индивидуальные значения  $\Delta^{13}\text{C}$  и  $\Delta^{15}\text{N}$  в образцах из могильника Дуровка**  
**Table 4.  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{15}\text{N}$  individual values for the samples from the Durovka burial mounds**

Курган	Погребение	Пол	Возраст	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	%C	%N	atom C/N
15	1	муж	20-30	-16,36	12,35	63,0	21,5	3,4
16	1	муж	18-25	-16,87	12,96	39,5	14,0	3,3
19	2	муж	30-45	-20,37	11,74	65,0	22,7	3,3
19	3	муж	30-45	-16,76	12,76	37,5	12,8	3,4
23	1	муж	20-35	-18,09	13,18	26,9	9,7	3,2
М				-17,69	12,60			

**Таблица 5. Индивидуальные значения  $\Delta^{13}\text{C}$  и  $\Delta^{15}\text{N}$  в образцах из могильника Девица V**  
**Table 5.  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{15}\text{N}$  individual values for the samples from the Deviza-V burial mounds**

Курган	Погребение	Пол	Возраст	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	%C	%N	atom C/N
6	1	муж	20-22	-14,52	12,20	40,0	14,4	3,2
14	1	муж	40-49	-18,07	12,49	40,0	14,3	3,3
16	1	муж	20-29	-14,68	12,44	35,9	12,9	3,2
16	2	муж	25-35	-14,98	12,44	47,8	17,0	3,3
16	3	муж	40-49	-15,49	12,28	39,2	14,1	3,2
16	4	муж	35-45	-15,40	12,33	38,0	13,6	3,3
М				-15,52	12,36			
14, лошадь				-21,60	3,33	40,5	14,7	3,2
6, лошадь				-21,18	5,12	87,0	31,6	3,2

**Таблица 6. Индивидуальные значения  $\Delta^{13}\text{C}$  и  $\Delta^{15}\text{N}$  в образцах из Семилукского городища**  
**Table 6.  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{15}\text{N}$  individual values for the samples from Semilukskoe hillfort**

Погребение	Костяк	Пол	Возраст	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	%C	%N	atom C/N
14	к.7	муж	20-25 лет	-15,73	10,42	38,7	13,9	3,3
11	—	—	около 6 лет	-19,19	12,67	53,8	18,2	3,5
12	центр	—	около 5 лет	-15,04	9,97	34,0	12,1	3,3
12	к.1	—	около 5 лет	-14,53	12,83	41,8	15,2	3,2
12	к.3	—	около 6 лет	-17,01	9,47	41,7	14,7	3,3
12	к.4	—	около 6 лет	-15,37	11,07	39,9	14,3	3,2
12	к.6	—	около 6 лет	-16,32	10,20	41,2	14,6	3,3
13	к.7	—	около 6 лет	-15,27	9,98	30,9	11,3	3,2
13	-	—	около 5 лет	-16,42	11,55	42,0	15,1	3,2
13	к.6	—	около 0,5 лет	-15,54	10,60	21,1	7,4	3,3
14	к.4	—	около 6 лет	-13,91	12,18	37,4	13,5	3,2
14	к.2	—	около 5 лет	-15,00	9,93	24,5	9,0	3,2
14	к.1	—	около 6 лет	-15,18	9,36	33,9	12,6	3,1
14	к.5	—	около 6 лет	-15,74	10,80	34,6	12,6	3,2
М				-15,78	10,77			

**Таблица 7. Индивидуальные значения  $\Delta^{13}\text{C}$  и  $\Delta^{15}\text{N}$  в образцах из грунтового могильника Ксизово 19**  
**Table 7.  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{15}\text{N}$  Individual values for the samples from the Ksizovo-19 burial ground**

Погребение	Пол	Возраст	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	%C	%N	atom C/N
44	муж	25-35 лет	-17,48	10,44	3,6	1,8	2,3
41	муж	17-19 лет	-15,90	10,75	49,5	16,9	3,4
14	муж	40-45 лет	-16,09	10,35	31,9	11,6	3,2
65	муж	35-45 лет	-15,83	10,37	35,7	13,1	3,2
21	жен	30-35 лет	-15,63	11,95	36,7	13,2	3,2
34	жен	25-30 лет	-17,03	10,73	37,0	12,8	3,4
56	жен	30-35 лет	-17,10	10,55	33,8	12,0	3,3
26	жен	25-35 лет	-14,99	10,63	37,6	13,0	3,4
76	—	около 9 лет	-15,63	11,95	36,7	13,2	3,2
М			-16,18	10,85			

Процедура пробоподготовки коллагена костной ткани выполнена на базе лаборатории группы физической антропологии ИА РАН. Подготовка образцов начинается с очистки костной ткани от загрязнения, промывки сначала проточной, затем дистиллированной, водой, просушки и взвешивания сухого образца на лабораторных весах. Затем сухой образец помещают в 1М раствор соляной кислоты. При массе образца в 1 грамм объем соляной кислоты составляет 50 мл. Образец выдерживается при температуре 2–3°C 24–48 часов в зависимости от плотности образца. Необходимо добиться мягкости и пластичности деминерализованного фрагмента кости. Затем образец промывают дистиллированной водой до получения устойчивых нейтральных показателей pH с использованием pH метра pHербу HANNA. Заливают 0,1М раствором щелочи (NaOH) на сутки. Промывают, доводят до нейтральных показателей pH. Промытый фрагмент органической части костной ткани

помещают в 0,1 М раствор кислоты, где он растворяется при температуре +70°C на протяжении 24 часов. Затем раствор центрифугируют для осаждения загрязняющих компонентов. Чистый раствор коллагена помещается в термостат при температуре +40°C до получения сухой прозрачной корки желтого цвета. Чистым металлическим скальпелем мелкие фрагменты высушенного коллагена снимают со стенок стеклянного стаканчика, измельчают до состояния порошка и собирают в пластмассовый эппендорф. При формировании образца для масс-спектрометра насыпают примерно 500 микрограмм порошка коллагена в оловянную капсулу, двумя пинцетами формируют плотный сверток шарообразной формы. Полученный шарик помещается в пронумерованную ячейку специального штатива.

Изотопный анализ осуществлялся в Центре коллективного пользования «Масс-спектрометрические исследования» (изотопного анализа) Института

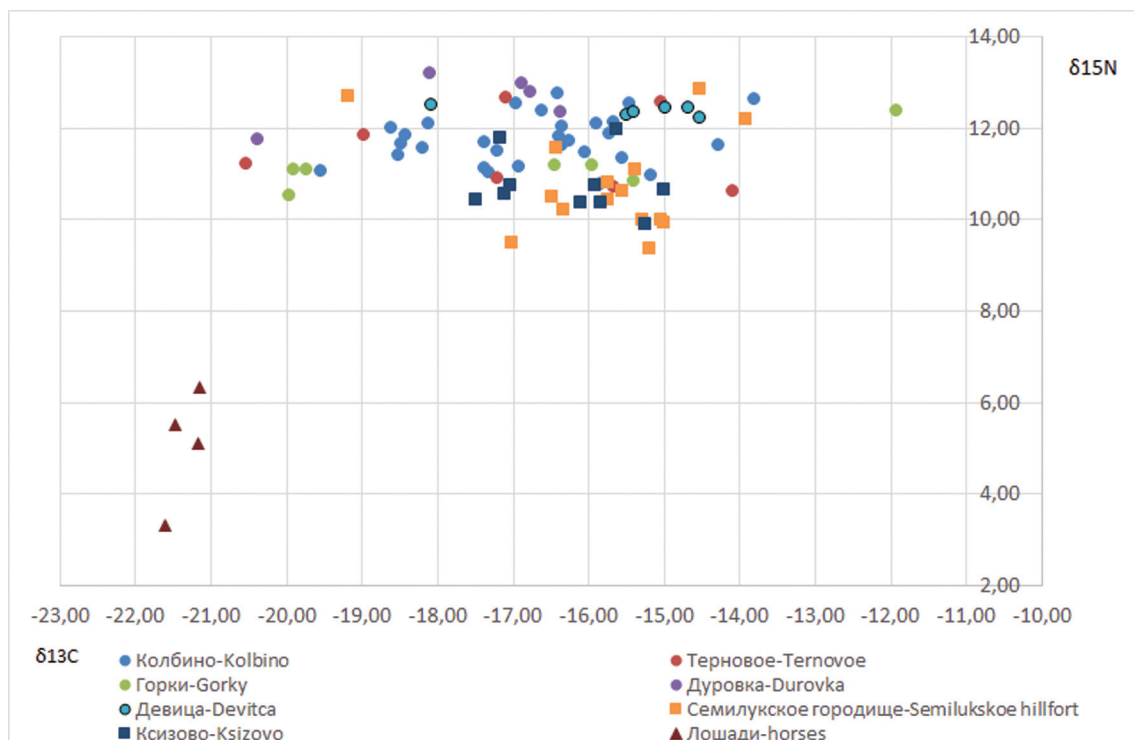


Рисунок 1. Индивидуальные значения  $\delta^{13}C$  и  $\delta^{15}N$  в образцах людей и животных из погребений скифского времени. Кружки – курганные погребения, квадраты – грунтовые погребения  
 Figure 1. Individual values of  $\delta^{13}C$  and  $\delta^{15}N$  for human and animal samples from the Scythian time Middle-Don sites. Circles – kurgan burials, squares – ground graves

проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН. Анализ изотопного состава углерода и азота проведен на масс-спектрометре Thermo-Finnigan Delta V Plus IRMS с элементным анализатором (ThermoFlash 1112).

## Результаты

Характеризуя общую изменчивость изотопных показателей углерода и азота, полученных для всего объема данных, констатируем, что индивиды из захоронений Среднего Дона раннего железного века располагаются в пространстве от -22‰ до -12‰ по шкале углерода и 8–13,5‰ по шкале азота (рис. 1).

В целом, при описании полученных данных можно заключить, что в общую выборку вошли индивиды, включенные в трофические цепи, весьма различные по характеристикам исходных локальных фитоценозов. Величины дельта углерода однозначно свидетельствуют о том, что основу рациона людей составляли как растения C3 и C4 типов фотосинтеза [Эдвардс; Уокер, 1986]. Реконструируя пищевую модель этого населения, следует

отметить её неоднородность. Большая часть индивидов полностью соответствует представлениям о «диете кочевника», включающей преимущественно продукты скотоводства. Фитоценозы территорий выпасов сельскохозяйственных животных связаны с открытыми ландшафтами (лесостепными и, возможно, остепненными). Однако, кроме них, встречаются индивиды, в рационе которых, присутствует относительно низкое содержание белка, которое маркируется величинами дельта азота около 10 промилле, в сочетании с употреблением растений C<sub>4</sub> типа фотосинтеза (посо?). Другая группа людей с высокобелковым рационом (дельта азота выше 11 промилле), однако происхождение этих продуктов, связано с растениями C3 типа фотосинтеза. Эти индивиды маркируются величинами дельта углерода не выше -18‰.

Для более полного понимания исторической значимости полученной информации рассмотрим полученные данные по отдельным памятникам. Обратимся, прежде всего, к самой многочисленной выборке из могильника Колбино I (табл. 1).

Индивидуальные значения варьируют от -19 до -13‰ (углерод) и от 9 до 13‰ (азот). Хорошо видно, что основная масса индивидов локализуется в поле от -18 до -13‰ (углерод) и от 11 до 13‰

(азот). Отметим, что кроме образцов из скелетов людей, были получены два образца костной ткани лошадей, из которых выделился качественный коллаген, и были получены достоверные результаты. Показатели для этих травоядных животных четко локализируются в зоне СЗ около -22 и -21 ‰ (углерод) 5–6 ‰ (азот). Эти величины однозначно указывают на то, что изученные лошади паслись на травах и не получали дополнительного питания, в виде зерна и других добавок. Индивидуальный разброс мужских значений больше, чем женских, а дети располагаются достаточно компактно в зоне «местного стандарта».

*Могильник Терновое I.* Границы индивидуальной изменчивости  $\Delta^{13}\text{C}$  укладываются в диапазон от -20,5 до -14 ‰, а  $\Delta^{15}\text{N}$  от 10 до 13 ‰. Также из этого памятника получен результат для одной лошади (-22/4,1). В целом, картина, полученная для индивидов из Терновое I сходна с данными из предыдущего памятника. В большей степени «колбинский стандарт» напоминает женская часть данной выборки (табл. 2).

*Могильник Горки I.* Границы индивидуальной изменчивости очень значительны: от -19,96 до -11,91 ‰ (углерод) и от 10 до 13 ‰ (азот). Группа слишком мала, чтобы обсуждать вопросы половозрастного разнообразия показателей изотопного состава (табл. 3). Отметим лишь присутствие индивида с величиной дельта углерода -11,91 ‰, что практически полностью предполагает, что основу его питания составляли либо растения аридных районов (непосредственно сами или через мясо животных), либо культурное просо.

*Могильник Дуровка.* Индивидуальный разброс от -20 до -16 ‰ (углерод) и от 12 до 13 ‰ (азот). Эти величины попадают в зоны распространения индивидуальных значений из могильников Колибо, Терновое и Горки (табл. 5).

*Могильник Девица V.* Индивидуальный разброс от -18 до -13 ‰ (углерод) и от 12 до 13 ‰ (азот). Специфика этой небольшой выборки в её компактности, а также в повышенных значениях дельта для обоих элементов, что может быть интерпретировано как следствие единой диеты и схожих условий жизни. Таким образом, эту группу можно рассматривать как наиболее «аридную» как по условиям проживания, так и по традициям питания. Лошадь, мясо которой было заупокойной пище, не выделяется по изотопным параметрам от тех двух, которые происходят из могильника Колбино и Терновое (табл. 4).

*Грунтовый могильник Семилукского* представляет «некурганное» население Среднего Дона. Авторы раскопок связывают это население с другим в этническом и культурном отношении

населением [Разуваев, Пряхин, 2000]. Общий разброс данных от -20 до -14 ‰ (углерод), и от 9 до 11 ‰ (азот). Показатели этой группы несколько отличается от предыдущего сдвига в сторону более низкого азота, что связано, вероятно, с большей долей растительной пищи и смещением в сторону более высоких значений углерода – присутствием растений  $\text{C}_4$  типа фотосинтеза. Эти особенности дают нам основание относить питание группы к пищевой модели, которая отличается от параметров «курганного населения» (табл. 6).

*Грунтовый могильник Ксизово 19.* Разброс индивидуальных значений от -18 ‰ до -14 ‰ (углерод), а азотных маркеров – от 10 ‰ до 12 ‰ (азот). Мужчины и женщины характеризуются сходными значениями. Специфика этой группы близка к предыдущей (Семилукское городище) (табл. 7).

## Обсуждение

На основании представленных результатов охарактеризуем единую картину изменчивости изотопных показателей по памятникам в регионе Среднего Дона. Хорошо видно, что индивиды из грунтовых захоронений занимают определенное самостоятельное положение, частично перекрывающееся с зоной распространения значений индивидов из курганов. Вероятно, это вызвано различиями в традициях питания и возможно, хозяйствования людей из курганов и грунтовых могильников. Это предположение хорошо согласуется с мнением исследователей грунтовых погребений на Среднем Дону [Пряхин, Разуваев, 2000]. Образцы из курганных захоронений дают столь значительный размах значений дельта углерода, что мы не можем связать эту изменчивость с единой экосистемой. В связи с этим можно рассмотреть два варианта интерпретаций:

1. Повышение величин дельта углерода связано с тем, что люди, погребенные под курганными насыпями, жили в условиях, которые отличались по уровню влажности. К тому же просо является засухоустойчивой культурой, поэтому логично ожидать увеличение его употребления на территориях с засушливым климатом.
2. Рацион людей из курганных погребений формировался в рамках единой экосистемы, но резко отличался по употреблению проса.

Представить себе ситуацию, в которой происходит социальная или культурная или иная дифференциация по принципу употребления кушаний из проса, достаточно сложно, поэтому на данном



этапе исследования, мы придерживаемся первой гипотезы.

Особый интерес представляет вопрос об однородности изотопных показателей у людей из коллективных погребений. В нашем распоряжении имеются данные о трех индивидах из кургана 12 могильника Горки I и четырех индивидах из кургана 16 могильника Девица V. Группа из кургана могильника Девица демонстрирует практическое совпадение значений, что указывает на высокую консолидацию этой небольшой группы среднедонского населения. Двое мужчин из кургана 12 могильника Горки I, также достаточно сходны между собой, однако третий был включен в иную трофическую систему, основанную только на  $C_3$  фотосинтетиках, но также имевший высокобелковую диету.

Исследованные ранее коллективные погребения с скифской культуры погребального поля Аймыр-Лыг (Тува) также продемонстрировали высокую неоднородность величин дельта углерода даже в пределах одного коллективного погребения. [Dobrovolskaya et al., 2012]. Э. Мерфи и ее соавторы, также работавшие с материалами этого памятника, склонны объяснять высокую изменчивость дельта углерода употреблением просо в пищу [Murphy et al., 2013]. При этом предполагается два источника получения земледельческой продукции: частичное занятие кочевниками земледелием и обменная торговля с соседними земледельческими народами [Murphy et al., 2013; Zhang et al., 2014]. Однако, обоснование этой позиции, как отмечалось выше, вероятно, требует дополнительной проработки.

## Заключение

Проведенное исследование позволило получить сведения о параметрах изотопного состава азота и углерода в коллагене костной ткани людей из среднедонских курганных погребений скифского времени. Они характеризуются значительной индивидуальной изменчивостью. Лишь в одном из памятников встречены индивиды с преимущественно сходными пищевыми моделями (Горки V). Сопоставление с данными об изотопном составе образцов из грунтовых погребений близких территорий помогло выявить специфику «курганного» населения, которая выражается в более высокой изменчивости по величинам дельта углерода, а также по более высоким значениям дельта азота. Эти наблюдения позволяют нам предполагать различие в традициях питания людей из курганов и грунтовых погребений.

Преобладание индивидов с высокими значениями дельта углерода может быть связано не только с включением большей или меньшей доли кушаний из проса, но и длительным пребыванием людей в более аридных экосистемах. Проведенное нами ранее исследование изотопного состава костной ткани людей из погребений эпохи средней бронзы (среднедонская катакомбная культура) позволяет сопоставить характер индивидуальной изменчивости и убедиться в более четких группировках величин дельта углерода [Добровольская, Решетова, Чагаров, 2017]. Эти различия хорошо видны.

Отметим, что эпоха средней бронзы в регионе отмечалась более аридными условиями по сравнению с эпохой раннего железа. Тем не менее, большинство индивидов из курганов эпохи бронзы располагаются в зоне меньших значений дельта углерода (рис. 2). Поэтому наше предположение о включении людей из курганов скифского времени в трофические сети более аридных ландшафтов, чем среднедонская лесостепь, нам представляется вполне вероятным.

Наибольшей изменчивостью характеризуются образцы из могильника Терновое I, который ассоциируются с начальными этапами заселения этих территорий. В связи с этим может быть сформулирована гипотеза о том, что общность, инициировавшая заселение среднедонских земель, не была связана с какой-то одной локальной территорией Европейской Скифии.

Итак, согласно нашей гипотезе, изученная группа не была территориально ограниченной и, вероятно, вариативна в своих традициях питания. Это, однако, не исключает пребывания внутри этого разнообразия малых консолидированных общностей на уровне отдельно взятой курганной структуры. Возможно, это связано со сложной родоплеменной структурой номадов раннего железного века [Хазанов, 1975].

Впервые получены представительные данные об изотопном разнообразии коллагена костной ткани индивидов из курганных погребений европейской части России и приведены данные, свидетельствующие о высокой мобильности «курганного» населения. Вектор этой мобильности ориентирован в сторону более аридных экологических условий. Вероятно, места погребения людей в курганных могильниках могли находиться на значительном расстоянии от территорий кочевания.

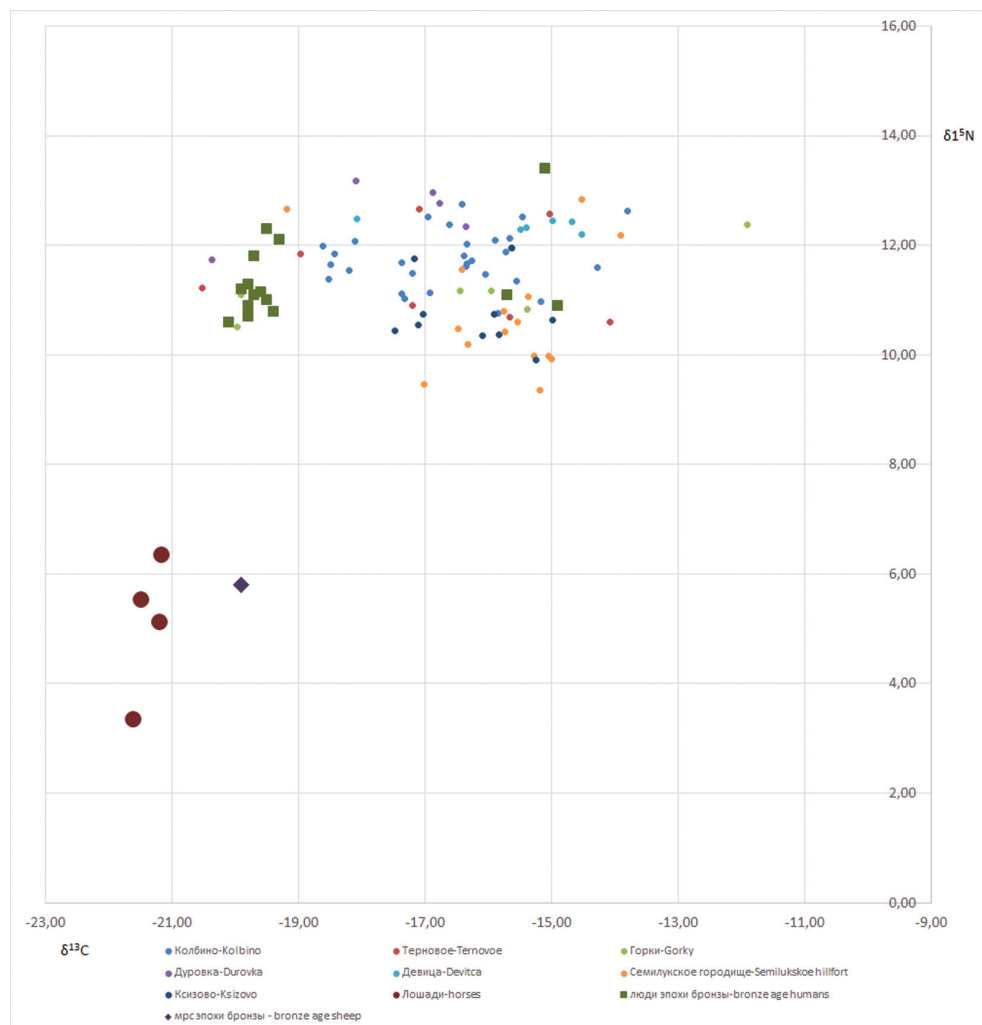


Рисунок 2. Индивидуальные значения  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$  в образцах людей и животных из погребений скифского времени. Кружки – люди и животные раннего железного века, квадраты – люди эпохи бронзы, ромб – мелкий рогатый скот, эпоха бронзы

Figure 2. Individual values of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  for human and animal samples from the Scythian time Middle-Don sites. Circles – Iron age humans and animals, squares – Bronze Age humans, diamond – bronze Age small cattle

## Библиография

- Гуляев В.И. Об этнокультурной принадлежности населения Среднего Дона V–IV вв. до н.э. // Скифы и сарматы в VII–III вв. до н.э.: палеоэкология, антропология археология. М.: ИА РАН, 2000. С. 145-153.
- Добровольская М.В. Человек и его пища. М.: Научный Мир, 2005. 367 с.
- Добровольская М.В., Решетова И.К. Возможности применения изотопного анализа в реконструкции особенностей хозяйственного уклада носителей традиций салтово-маяцкой культуры // Дивногорский сборник. Воронеж: Научная книга, 2012. С. 142-151.
- Добровольская М.В., Решетова И.К., Чагаров О.С. Стабильные изотопы в реконструкции традиций питания населения Среднего Дона в эпоху бронзы и раннем железном веке // V (XXI) Всероссийский археологический съезд (сборник научных трудов). Барнаул: Алтайский государственный университет, 2017. С. 321-322.
- Максименко В.Е. Савроматы и сарматы на Нижнем Дону. Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского государственного университета, 1983. 224 с.
- Масленникова А.В., Удачин В.Н., Дерягин В.В. Стабильные изотопы углерода и кислорода в донных отложениях озера Сырыткуль (Южный Урал) как индикаторы палеоклиматических условий голоцена. Вестник ОГУ, 2012. № 6. С. 124-127.
- Медведев А.П., Ранний железный век лесостепного Подонья. Археология и этнокультурная история I тысячелетия до н.э. М.: Наука, 1999. 159 с.
- Медведев А.П. Исследование по археологии и истории лесостепной Скифии. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2004. 144 с.
- Обломский А.М., Разуваев Ю.Д. Грунтовые погребения скифского времени у с. Ксизово на Верхнем Дону // Краткие сообщения Института археологии, 2013. Вып. 231. С. 183–195.
- Пузикова А.А. Курганные могильники скифского времени Среднего Подонья (Публикация комплексов). М.: Индрик, 2001. 270 с.

Пряхин А.Д., Разуваев Ю.Д. К интерпретации захоронений на Семилуцком городище скифского времени // Скифы и сарматы в VII–III вв. до н.э.: палеоэкология, антропология археология. М.: ИА РАН, 2000. С. 249-257.

Разуваев Ю. Д. Семилуцкое городище скифского времени в археологической историографии // Археологическое наследие, 2018. Вып. 1. С. 31-41.

Смирнов К.Ф. Сарматы и утверждение их политического господства в Скифии. М.: Наука, 1984. 184 с.

Хазанов А.М. Социальная история скифов. М.: Наука, 1975. 343 с.

Шишлина Н.И. Идентификация сезонных и длительных миграций населения южнорусских степей и Северного Кавказа в

бронзовом веке по данным геохимического анализа // Кавказ как связующее звено между Восточной Европой и Передним Востоком: диалог культур, культура диалога (к 140-летию Александра А. Миллера). СПб.: ИИМК, 2015. С. 348-355.

Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез  $C_3$  и  $C_4$  растений: механизмы и регуляция. М.: Мир, 1986. 481 с.

#### Сведения об авторах

Чагаров Онгар Салихович, chagarov89@gmail.com.

Добровольская Мария Всеволодовна, д.и.н.;

ORCID ID: 0000-0001-9695-4199; mk\_pa@mail.ru.

Chagarov O.S., Dobrovolskaya M.V.

*Institute Archaeology Russian Academy of Sciences, Dm. Ulyanova 19, Moscow, 117036, Russia*

## SYSTEM OF NUTRITION OF THE SCYTHIAN TIME MIDDLE-DON POPULATION: ECONOMY AND CLIMATE (ACCORDING TO THE COMPOSITION OF STABLE CARBON AND NITROGEN ISOTOPES)

**Introduction.** *Isotopic analysis of bone collagen is a reliable tool to assess diet and economy type of ancient societies. Data on carbon and nitrogen isotopic ratio are used to estimate the proportion of protein and carbohydrates and to indicate the water component of the diet. The main goal of our study is to reconstruct food models of Scythian time and to assess the variability of the food traditions and habitats of the paleopopulation from the burial mounds and ground burial sites of Middle Don.*

**Materials and methods.** *It total, 81 bone collagen samples were analyzed, 5 from kurgan cemeteries and 2 from ground burial sites of 5th-4th centuries BC of Middle-Upper Don region. Stable isotopes ratio was identified at the Center for Collective Use Mass Spectrometric Studies of the Collective Scientific Center (isotope analysis) of the Institute of Ecology and Evolution named after A.N. Severtsov RAN. Identification of carbon and nitrogen isotopic composition was made on a Thermo-Finnigan Delta V Plus IRMS mass spectrometer with an elemental analyzer (Thermo Flash 1112).*

**Results.**  $\Delta^{13}C$  and  $\Delta^{15}N$  values for individuals from kurgans are in the range from -21 to -12 ‰ (carbon) and from 10 to 13 ‰ (nitrogen). Delta values ( $\Delta^{13}C$  and  $\Delta^{15}N$ ) for samples from ground graves are from -20 to -14 ‰ and from 10 to 12 ‰, respectively. Higher values of delta nitrogen are more typical for individuals from burial mounds.

**Discussion.** *For the first time, reliable data of bone collagen isotopic composition were estimated, and the food patterns were reconstructed for the nomads of the Early Iron Age forest-steppe of Eastern Europe. Data obtained made it possible to make a hypothesis about the differences in the economy of the «kurgan humans» and population from ground burials. High variability of carbon and nitrogen isotopic ratio in human bone collagen samples from burial mounds is also noted. Different sources of millet and high mobility of nomads are considered as possible causes of this variability.*

**Keywords:** palaeoanthropology; Early Iron age; isotopic analysis; Middle Don; burial mounds and ground graves; paleodiet reconstruction

## References

- Gulyaev V.I. Ob etnokulturnoi prikladnosti naseleniya Srednego Dona V-IV vv do n.e. [On the ethnocultural affiliation of the population of the Middle Don V-IV centuries BC.]. In: *Skify i sarmaty v VII-III vv. do n.e.: paleoekologiya, antropologiya, archeologiya* [Scythians and Sarmatians in the VII-III centuries. BC: paleoecology, anthropology, archeology]. Moscow, IAS RAS Publ., 2000, pp.145-153. (In Russ.).
- Dobrovolskaya M.V. *Chelovek i ego pisha* [Man and his food]. Moscow, Scientific World Publishing House, 2005. 367p. (In Russ.).
- Dobrovolskaya M.V., Reshetova I.K. Vosmozhnosti primeneniya isotopnogo analiza v rekonstrukcii osobennosti khozyaistvennogo uklada nositelei tradiziisaltovo-mayazkoikultury [Possibilities of isotope analysis using in the reconstruction of the economic structure of population of the Saltovo-Mayak culture]. In: *Divnogorskiy sbornik* [Divnogorsky book]. Voronezh, Scientific book, 2012, pp. 142-151. (In Russ.).
- Dobrovolskaya M.V., Reshetova I.K., Chagarov O.S. Stabilnye isotopy v rekonstrukcii traditsii pitaniya naseleniya Srednego Dona v epokhu bronzy i rannem zheleznom veke. [Stable isotopes in the reconstruction of the nutritional traditions of the population of the Middle Don in the Bronze Age and the Early Iron Age]. In: *V (XXI) Vserossiiskii archeologicheskii siezd (sbornik nauchnykh trudov)*. [V (XXI) All-Russian Archaeological Congress (collection of scientific papers)]. Barnaul, Altay State University Publ., 2017, pp. 321-322. (In Russ.).
- Maksimov V.E. *Savromaty i sarmaty na Nyzhnem Donu* [Sauromats and Sarmatians on the Lower Don]. Rostov-na-Donu, Rostovsky State University Publ., 1983. 224 p. (In Russ.).
- Maslennikova A.V., Udachin V.N., Deryagin V.V. Stabl'nye isotyopy ugleroda y kislorodav donnykh otlozheniy ah ozera Syrytkul' (Jyzny Ural) kak indikator paleoklimaticheskikh ismeneniy uslovy Golocena [Stable carbon and oxygen isotopes in sediments of Lake Syrytkul (South Urals) as indicators of the paleoclimatic conditions of the Holocene]. *Vestnik OGU* [Vestnik of the Orenburg State University], 2012, 6, pp. 124-127. (In Russ.).
- Medvedev A.P. *Rannii zheleznyi vek lesostepnogo Podoniya (archeologiya i etnokulturnaya istoriya)* [The Early Iron Age of the forest-steppe Don region (archaeology and ethnocultural history)]. Moscow, Nauka Publ., 1999. 159 p. (In Russ.).
- Medvedev A.P. *Issledovaniye po archeologii i istorii lesostepnoi Skifii* [Research on archeology and history of forest-steppe Scythia]. Voronezh, Voronezh' State University Publ., 2004. 144 p. (In Russ.).
- Oblomsky A.M., Razuvaev Yu.D. Gruntovye pogrebeniya skifskogo vremeni u s. Ksizovo na Verkhnem Donu [Ground burials of the Scythian time at s. Ksizovo on the Upper Don]. *Kratkie soobsheniya Instituta archeologii*. [Brief Communications of the Institute of Archaeology], 2013, 231, pp. 183-195. (In Russ.).
- Puzikova A.A. *Kurgannie mogilniki skifsko govremeni Srednego Podoniya (Publikaziya kompleksov)* [Kurganburial grounds of the Scythian time of the Middle Don region (Publication of complexes)]. Moscow, Indrik Publ., 2001, 270 p. (In Russ.).
- Pryakhin A.D., Razuvaev Yu.D. K interpretatsii zakhoronenii na Semilukskom gorodishe skifskogo vremeni [To the Interpretation of Burials at the Semilukskyhillfort of the Scythian Time]. In: *Skify i sarmaty v VII-III vv. do n.e.: paleoekologiya, antropologiya, archeologiya*. [Scythians and Sarmatians in the VII-III centuries. BC: paleoecology, anthropology, archeology]. Moscow, IAS RAS Publ., 2000, p. 249-257. (In Russ.).
- Razuvaev J.D. Semyluskoe gorodyshe skipshskogo vremeni v arheologicheskoy istoriografii [Semyluskoe hillfort of Scythian time in archaeological historiography]. *Arheologicheskoe nasledie* [Archaeological Heritage]. 2018, 1, pp. 31-41 (In Russ.).
- Smirnov K.F. *Sarmaty i utverzhdenie ih politicheskogo gospodstva v Skifii* [Sarmatians and the approval of their political domination in Scythia]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 184 p. (In Russ.).
- Khazanov A.M. *Sozialnaya istoriya skifov* [Social history of the Scythians]. Moscow, 1975. 343 p. (In Russ.).
- Shishlina N.I. Identifikatsiya sezonnykh i dlytelnykh mygratsiy i naseleniya juzhnorusskikh stepey i Severnogo Kavkaza v bronzovom veke po dannym geohimicheskogo analiza. [Identification of seasonal and long-term migrations of the population of the South Russian steppes and the North Caucasus in the Bronze Age according to geochemical analysis]. In: *Kavkaz kak svyazyvayushee zveno mezhdu Vostochnoi Evropoi i Perednim Vostokom: dialog kultur, kultura dialoga (k 140-letiyu Aleksandra A. Millera)* [The Caucasus as a link between Eastern Europe and the Front East: the dialogue of cultures, the culture of dialogue (to the 140th anniversary of Alexander A. Miller)]. St. Petersburg, IHMC Publ., 2015, pp. 348-355. (In Russ.).
- Edwards J., Walker D. *Fotosintez C<sub>3</sub> i C<sub>4</sub> rastenii: mekhanizm i regulyaziya*. [C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub>: mechanisms, and cellular and environmental regulation of Photosynthesis]. Moscow, Myr Publ., 1986. 481 p. (In Russ.).
- Ambrose S., Norr L. Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen carbonate. In: *Prehistoric human bone – Archaeology at the Molecular level*. Ed. by Lambert J.B., Grupe G. Berlin, Springer, 1993, pp. 1-37.
- Brown T., Brown K. *Biomolecular archaeology. An introduction*. Chichester, Wiley-Blackwell Publishing, 2011. 312 p.
- Hollund H. I., Higham T., Belinskij A., Korenevskij S. Investigation of palaeodiet in the North Caucasus (South Russia) Bronze Age using stable isotope analysis and AMS dating of human and animal bones. *Journal of Archaeological Science*, 2010, 37, pp. 2971-2983.
- Tykot R.H. Stable isotopes and diet: You are what you eat. In: *Proceed. of the Intern. School of Physics «Enrico Fermi» Course*. Ed. by Martini M., Milazzo M., Piacentini M. Amsterdam, 2004, pp.433-444.
- Dobrovolskaya M.V., Buzhilova A.P., Mednikova M.B., Tiunov A.V., Selezneva V.I. Investigation of carbon (13/12C) and nitrogen (15/14) stable isotopes in human bone collagen from Early Iron age burials at Aimyrlyg, Tuva. *Abstracts of 18th Annual Meeting of European Association of Archaeologists*, 29th of August-1st of September 2012, Helsinki, Finland, p. 162.
- Zhang G., Hu Y., Wang L., Cao C., Li X. A paleodietary and subsistence strategy investigation of the Iron Age Tuoba Xianbei site by stable isotopic analysis: A preliminary study of the role of agriculture played in pastoral nomad societies in northern China. *Journal of Archaeological Science*, 2014, pp. 2547-2560.
- DeNiro M., Epstein S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Division of Geological and Planetary Sciences, California Institute of Technology*, 1978, 91125, pp. 495-506.
- Liden K., Nelson D.E. Stable carbon isotopes as dietary indicator, in the Baltic area. *Fornvönnen*, 1994, 89, pp.13-21
- Murphy E. M. Schulting R., Beer N., Chistov Y., Kasparov A. et al. Iron Age pastoral nomadism and agriculture in the eastern Eurasian steppe: implications from dental palaeopathology and stable carbon and nitrogen isotopes. *Journal of Archaeological Science*, 2013, pp. 2547-2560.
- Shoeninger M.J., DeNiro M.J. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 1984, 48, pp.625-639.
- Simonova G., Volkov Y., Markelova A., Kalashnikova D. Isotope monitoring of forest ecosystems. *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, SGEM2017 Conference Proceedings*, 2017, 17, 32, pp. 885-890.
- Kovda I., Morgun E., Golubeva N. Stable isotopic compositions of carbon in vegetation and soil organic matter along the bioclimatic transect, North Caucasus. *Geophysical Research Abstracts EGU*, 2010, 12, p. 2252.
- Schoeninger, M.J., Diet reconstruction and ecology using stable isotope ratios. In: *A Companion to Biological Anthropology*. Ed. by Larsen, C.S. Wiley-Blackwell, Chichester, U.K, 2010. pp. 445-464.
- Schwarz, H.P., Schoeninger, M.J. Stable isotope analyses in human nutritional ecology. *Yearbook of Physical Anthropology*, 1991, 34, pp. 283-321.

## Information about Authors

Chagarov Ogar Salikhovich, chagarov89@gmail.com.  
 Dobrovolskaya Mariya Vsevolodovna, PhD, D.Sci.,  
 ORCID ID 0000-0001-9695-4199; mk\_pa@mail.ru.