

УДК 599.742.2: [591.471+591.13]: [550.424:546.027](571.1)

СОДЕРЖАНИЕ ИЗОТОПОВ ^{13}C И ^{15}N В КОЛЛАГЕНЕ КОСТЕЙ МАЛОГО ПЕЩЕРНОГО МЕДВЕДЯ (MAMMALIA, CARNIVORA, URSIDAE, *Ursus (Spelaearctos) rossicus* Borissiak, 1930) ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2024 г. П. А. Косинцев

Рекомендовано академиком РАН А. В. Лопатиным

Поступило 10.11.2023 г.

После доработки 17.11.2023 г.

Принято к публикации 17.11.2023 г.

Проведен анализ данных о содержании изотопов ^{13}C и ^{15}N в коллагене костей малого пещерного медведя (*Ursus (S.) rossicus* Borissiak, 1930) из трех районов Западной Сибири. Кости датируются морской изотопной стадией (МИС) 3. Изучены кости половозрелых особей самцов и самок. Различия между некоторыми выборками проявляются только в значениях $\delta^{15}\text{N}$. Медведи из всех выборок относятся к одному трофическому уровню. Установлены трофические сдвиги между самками и самцами в одном районе и между самцами двух районов. Малый пещерный медведь Западной Сибири отличался от малого пещерного медведя Южного Урала значительно более хищным образом жизни. Уровень различий между медведями Урала и Сибири соответствует разным трофическим уровням.

Ключевые слова: *Ursus rossicus*, малый пещерный медведь, поздний плейстоцен, Западная Сибирь, стабильные изотопы, ^{13}C , ^{15}N , коллаген

DOI: 10.31857/S2686738924010179, EDN: ККМЫКС

Анализ содержания изотопов ^{13}C и ^{15}N в коллагене субфоссильных костей является одним из основных методов изучения питания позвоночных животных в прошлом [1]. Этот метод позволяет оценить положение вида в трофической цепи, охарактеризовать изменения его питания во времени и пространстве. Большое количество данных о содержании изотопов ^{13}C и ^{15}N получено для ряда вымерших видов, в том числе для пещерных медведей (*Ursus (Spelaearctos)* spp.). Среди них наименее изученным является малый пещерный медведь (*U. (S.) rossicus* Borissiak, 1930), для которого имеются данные для одной выборки с территории Южного Урала [2, 3]. С территории Азии известны определения значений изотопов ^{13}C и ^{15}N для двух особей из Западной Сибири [4, 5].

Анализ морфологических данных показал, что в Азии, в позднем плейстоцене, обитал только малый пещерный медведь (*U. (S.) rossicus* Borissiak, 1930) [6–8], который по морфологии и размерам

зубов и костей скелета хорошо отличается от бурого медведя (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) [6, 9]. Ареал малого пещерного медведя в Азии занимал южную часть Западной и Средней Сибири до Прибайкалья [6, 10]. В Западной Сибири находки его остатков известны до широты $58^{\circ}30'$ с.ш. Фауны Западной Сибири, в состав которых входил малый пещерный медведь, датируются временем от последнего межледниковья (130000–100000 л.н., морская изотопная стадия 5 (МИС 5)) до конца МИС 3 (57000–29000 л.н.) [11]. По костям малого пещерного медведя из местонахождений Западной Сибири получено 6 радиоуглеродных дат: >46520 BP, ?; >45000 BP, GrA-39269; 52070 ± 571 BP, GV-02625; 48100 ± 498 BP, GV-02624; $45000 \pm 2100/1100$ BP, GrA-41645; 41340 ± 528 BP, GV-02626 [12]. Все местонахождения, из которых взяты кости для анализа, на основании видового состава фаун и радиоуглеродных дат датированы МИС 3 [11]. Все местонахождения Западной Сибири, в которых найдены остатки малого пещерного медведя, относятся к аллювиальному тафономическому типу.

Задачей работы была характеристика значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костей самок и самцов малого пещерного медведя из разных районов Западной Сибири.

Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия
E-mail: kpa@ipae.uran.ru

Изучено содержание изотопов ^{13}C и ^{15}N в коллагене костей малого пещерного медведя из местонахождений: Антипино ($57^{\circ}49'$ с.ш., $66^{\circ}33'$ в.д.), Нижняя Тавда ($57^{\circ}41'$ с.ш., $66^{\circ}12'$ в.д.), Мальково ($57^{\circ}08'$ с.ш., $65^{\circ}52'$ в.д.), Спирино ($56^{\circ}10'$ с.ш., $70^{\circ}35'$ в.д.), Меримы ($58^{\circ}01'$ с.ш., $68^{\circ}00'$ в.д.), Епанчино ($58^{\circ}05'$ с.ш., $68^{\circ}43'$ в.д.), Иртыш ($58^{\circ}03'$ с.ш., $69^{\circ}30'$ в.д.). Местонахождения образуют три географические группы: «западную» (Антипино, Нижняя Тавда, Мальково), «восточную» (Спирино) и «северную» (Меримы, Епанчино, Иртыш) (табл. 1).

Для анализа взяты 3 нижних челюсти, 2 первых шейных позвонка, 11 плечевых, 2 лучевых, 4 локтевых, 3 бедренных и 2 больших берцовых костей. Определение пола и возраста особей, которым принадлежали кости, проведено на основании анализа их размеров и состояния эпифизов (приросли – не приросли) [6, 13–16]. В выборках есть кости самцов и самок. Одна особь имеет возраст 3+ (полузрелая, subadultus), остальные особи имеют возраст 4 года и старше (взрослые, adultus). Все особи являются половозрелыми.

Определение значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костей проведено методом изотопной масс-спектрометрии с использованием изотопного масс-спектрометра DELTA V Advantage (Thermo Fisher Scientific, Германия), оснащенного элементарным

анализатором Flash 2000 (приборы предоставлены центром коллективного пользования ТомЦКП СО РАН) по стандартной методике. В качестве международного стандарта углерода принят эталон VPDB. В качестве международного стандарта азота принят газообразный N_2 атмосферного воздуха. Лабораторные рабочие газы сравнения CO_2 и N_2 калибровали по международному стандартному образцу МАГАТЭ – IAEA-600 Caffeine. Абсолютная погрешность трех последовательных измерений анализируемых образцов составляет для $\delta^{13}\text{C} \leq \pm 0.2\text{‰}$ и для $\delta^{15}\text{N} \leq \pm 0.4\text{‰}$.

Средние значения $\delta^{13}\text{C}$ у самцов и самок в «западной» и «восточной» выборках различаются не более чем на 0.5‰ , различия средних значений $\delta^{15}\text{N}$ в «западной» выборке составляют 0.5‰ , а в «восточной» – 2.0‰ (табл. 1). Географические различия средних значений $\delta^{13}\text{C}$ между группами самок из «западной» и «восточной» выборок не проявляются, а различия значений $\delta^{15}\text{N}$ составляют 0.5‰ (табл. 1). В трех выборках самцов отличия средних значений $\delta^{13}\text{C}$ составляют не более 0.9‰ , а средних значений $\delta^{15}\text{N}$ не более 1.7‰ (табл. 1). Географические различия средних значений $\delta^{13}\text{C}$ между объединенными выборками самцов и самок западного и восточного районов составляют 0.1‰ , а различия средних значений $\delta^{15}\text{N}$ составляют 0.4‰ . Ранее

Таблица 1. Значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костей малого пещерного медведя (*U. (S.) rossicus*) Западной Сибири и Южного Урала

Выборки	Пол ¹	n	$\delta^{13}\text{C}$, ‰			$\delta^{15}\text{N}$, ‰		
			Min	Max	M	Min	Max	M
«Западная»	♂	10	–23.7	–22.2	–23.0	6.0	13.1	8.6
	♀	5	–23.7	–20.2	–22.5	5.1	13.9	8.9
	♂, ♀	15 ²	–23.7	–20.2	–22.7	5.1	13.9	8.7
«Восточная»	♂	4	–23.0	–22.1	–22.7	4.9	9.4	7.4
	♀	3	–22.6	–22.3	–22.5	6.9	11.9	9.4
	♂, ♀	7 ²	–23.0	–22.1	–22.6	4.9	11.9	8.3
«Северная»	♂	5	–22.9	–19.9	–22.1	5.8	12.8	9.1
Томское Приобье	?	1 ³		–19.4			10.7	
Алтай	?	1 ⁴		–21.4			2.6	
Южный Урал	?	16 ⁵	–25.6	–19.3	–22.3±1.93	3.2	8.1	5.4±1.34
	?	5 ⁶	–20.8	–22.8	–21.3±0.46	3.1	8.8	4.9±2.32
	?	21 ²	–25.6	–19.3	–22.1±1.74	3.1	8.8	5.2±1.57

¹ ♂ – самцы, ♀ – самки, ? – пол не определен.

² Объединенная выборка.

³ Kuzmin, Bondarev, Kosintsev et al., 2021.

⁴ Kosintsev, Bocherens, Kirillova et al., 2021

⁵ Силаев, Паршукова, Гимранов и др., 2020.

⁶ Gimranov Bocherens, Kavcik-Graumann et al., 2022.

получены значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костей малого пещерного медведя из степного Алтая [4] и Томского Приобья [5]. Первая особь отличается очень низким значением $\delta^{15}\text{N}$, не встреченным в остальных выборках (табл. 1).

В целом значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ для всех выборок близки, за исключением выборки самцов из «восточного» района, для которой получены относительно небольшие значения $\delta^{15}\text{N}$ (табл. 1). Отнесение выборок к разным трофическим уровням предложено проводить при различии значений $\delta^{13}\text{C}$ от 0 до 2‰ и различии значений $\delta^{15}\text{N}$ более 3‰ [17]. Выявленные половые и географические различия значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ не достигают этих показателей, то есть все изученные выборки относятся к одному трофическому уровню.

Анализ распределения значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ показывает, что в «восточной» выборке их значения у самок и самцов не перекрываются (рис. 1). Распределение значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ у самцов из «северной» и «западной» выборок перекрываются незначительно. Значительно перекрываются распределения значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ у самцов и самок из «западной» и «восточной» выборок и самцов из «северной» выборки (рис. 1). Это свидетельствует о заметных трофических сдвигах между самцами и самками в «восточной» выборке и между самцами из «северной» и «западной» выборок.

Распределение значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене костей малого пещерного медведя Западной Сибири и Южного Урала заметно различаются (рис. 1). Во всех выборках Западной Сибири средние значения $\delta^{13}\text{C}$ попадают в пределы изменения значений $\delta^{13}\text{C}$ в выборке с Урала и отличаются от ее среднего значения не более, чем на 0.6‰ (табл. 1). Значения $\delta^{15}\text{N}$ во всех выборках Западной Сибири превышают его максимальное значение в выборке с Южного Урала. Эти различия проявляются между выборками и самцов и самок. Различия средних значений между разными выборками самцов и медведями Урала составляют 2.2‰, 3.7‰, 3.9‰, между выборками самок и медведями Урала составляют 3.7‰ и 4.2‰ (табл. 1). Различия средних значений для объединенных выборок самцов и самок Западной Сибири и выборки с Южного Урала составляют более 3.1‰ (табл. 1). Эти различия соответствуют разным трофическим уровням [17].

Различия между половыми и географическими группами медведей Западной Сибири и Урала обусловлены различием значений $\delta^{15}\text{N}$ (табл. 1, рис. 1). Величина $\delta^{15}\text{N}$ в коллагене определяется главным образом количеством белка, потребляемого животным [18, 19], в данном случае, количеством потребляемого мяса. Таким образом, отмеченные выше различия значений $\delta^{15}\text{N}$ отражают разную степень

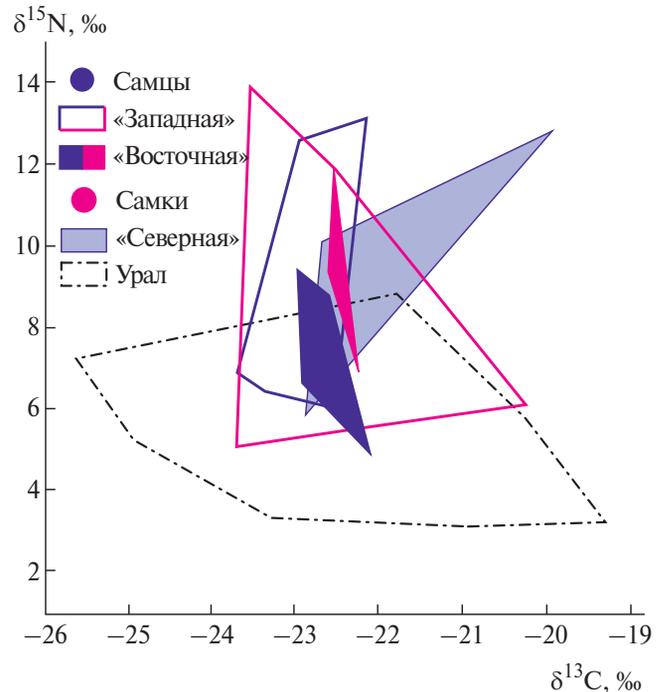


Рис. 1. Распределение значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ (‰) в коллагене костей малого пещерного медведя (*U. (S.) rossicus*) Западной Сибири и Южного Урала.

хищничества в разных половых и географических группах малого пещерного медведя. В Западной Сибири самки в «восточной» выборке вели более хищный образ жизни, чем самцы, а самцы «восточной» выборке вели наименее хищный образ жизни по сравнению с самцами и самками остальных выборок. Медведи Южного Урала вели значительно менее хищный образ жизни по сравнению с медведями Западной Сибири.

Взрослые самцы и самки малого пещерного медведя из разных географических районов Западной Сибири, не смотря на существование между некоторыми из них трофического сдвига, относятся к одному трофическому уровню. Малый пещерный медведь Западной Сибири отличался от медведя Южного Урала значительно более хищным образом жизни. Уровень различий между медведями Урала и Сибири соответствует разным трофическим уровням.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю благодарность к.т.н. Симоновой Г.В. за консультацию и музею Института экологии растений и животных УрО РАН за предоставленные для исследования образцы.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 22-24-01025, <https://rscf.ru/project/22-24-01025/>.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Конфликт интересов отсутствует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *DeNiro M.J.* Postmortem preservation and alteration of *in vivo* bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction // *Nature*. 1985. V. 317. № 31. P. 806–809.
2. *Силаев В.И., Паршукова М.Н., Гимранов Д.О. и др.* Минералого-геохимические особенности пещерной фоссиллизации ископаемых костей на примере пещеры Иманай (Южный Урал) // *Вестник пермского университета. Геология*. 2020. Т. 19. № 4. С. 323–358.
3. *Gimranov D., Bocherens H., Kavcik-Graumann N., et al.* The cave bears from Imanay Cave (Southern Urals, Russia) // *Historical Biology*. 2022. V. 35. № 5. P. 1–9.
4. *Kosintsev P.A., Bocherens H., Kirillova I.V., et al.* Palaeoecological and genetic analyses of Late Pleistocene bears in Asiatic Russia // *Boreas*. 2021. V. 51. № 2. P. 465–480.
5. *Kuzmin Y.V., Bondarev A.A., Kosintsev P.A. et al.* The Palaeolithic diet of Siberia and Eastern Europe: evidence based on stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in hominin and animal bone collagen // *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2021. V. 13. № 10. Art. 179. P. 1–12.
6. *Барышников Г.Ф.* Семейство медвежьих (Carnivora, Ursidae). СПб.: Наука, 2007.
7. *Боесков Г.Г., Григорьев С.Е., Барышников Г.Ф.* Новое доказательство существования пещерных медведей в плейстоцене Сибирской Арктики // *Доклады Академии Наук*. 2012, Т. 445. № 2. С. 226–230.
8. *Маликов Д.Г.* Новые материалы по малому пещерному медведю *Ursus rossicus borissiak*, 1930 среднего неоплейстоцена Куртаковского археологического района // *Амурский зоологический журнал*. 2018. № X (1). С. 80–87.
9. *Baryshnikov G., Foronova I.* Pleistocene small cave bear (*Ursus rossicus*) from the South Siberia, Russia // *Cadernos Lab. Xeoloxico de Laxe Coruna*. 2001. V. 26. P. 373–398.
10. *Оводов Н.Д.* Медведи Алтае-Саянской горной области // *Териофауна России и сопредельных территорий (VII съезд Териологического общества)*. М., 2003. С. 238–239.
11. *Косинцев П.А., Васильев С.К.* Фауна крупных млекопитающих позднего неоплейстоцена Западной Сибири // *Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода*. М.: ГЕОС, 2009. № 69. С. 94–105.
12. *Васильев С.К., Пархомчук Е.В., Середнёв и др.* Позднеплейстоценовая мегафауна юга Западной и Средней Сибири: новые данные по радиоуглеродному датированию и новые находки из аллювиальных местонахождений в 2020 году // *Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий*. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2020. Т. XXVI. С. 43–50.
13. *Воробьев А.А.* Размеры длинных трубчатых костей большого пещерного медведя Среднего Урала // *Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии: Материалы конференции молодых ученых; 23–27 апреля 2001 г.* Екатеринбург, 2001. С. 38–41.
14. *Воробьев А.А.* Этапы постнатального онтогенеза скелета большого пещерного медведя // *Биота горных территорий: История и современное состояние: Материалы конференции молодых ученых; 15–19 апреля 2002 г.* Екатеринбург: Академкнига, 2002. С. 22–28.
15. *Косинцев П.А., Воробьев А.А.* Биология большого пещерного медведя (*Ursus spelaeus* Ros. et Hein.) на Урале // *Мамонт и его окружение: 200 лет изучения / под ред. Ю.А. Розанова*. М.: Геос, 2001. С. 266–278.
16. *Fosse P., Cregut-Bonnoure E.* Ontogeny/growth of (sub) modern brown bear (*Ursus arctos*) skeleton: A guideline to appraise seasonality for cave bear (*Ursus spelaeus*) sites? // *Quaternary International*. 2014. V. 339–340. P. 275–288.
17. *Bocherens H.* Isotopic insights on cave bear palaeodiet // *Historical Biology*. 2019. V. 31, № 4. P. 410–421.
18. *Chisholm B.S.* Variation in Diet Reconstructions Based on Stable Carbon Isotopic Evidence // *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1989. P. 10–37.
19. *Bocherens H., Billiou D., Patou-Mathis M., et al.* Paleobiological implications of the isotopic signatures (^{13}C , ^{15}N) of fossil mammal collagen in Scladina Cave [Sclayn, Belgium] // *Quaternary Research*. 1997. V. 48. № 3. P. 370–380.

**CONTENT OF ^{13}C and ^{15}N ISOTOPES IN COLLAGEN OF BONES
OF THE SMALL CAVE BEAR (MAMMALIA, CARNIVORA, URSIDAE,
Ursus (Spelaearctos) rossicus Borissiak, 1930) OF WESTERN SIBERIA**

P. A. Kosintsev

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

E-mail: kpa@ipae.uran.ru

Presented by Academician of the RAS A. V. Lopatin

An analysis of data on the content of ^{13}C and ^{15}N isotopes in the collagen of the bones of the small cave bear (*Ursus (S.) rossicus* Borissiak, 1930) from three regions of Western Siberia was carried out. The bones are dated to Marine Isotope Stage (MIS) 3. The bones of mature males and females were studied. Differences between some samples appear only in the $\delta^{15}\text{N}$ values. Bears from all samples belong to the same trophic level. Trophic shifts have been established between females and males in one area and between males in two areas. The small cave bear of Western Siberia differed from the small cave bear of the Southern Urals in a much more predatory way of life. The level of differences between the bears of the Urals and Siberia corresponds to different trophic levels.

Keywords: Ursus rossicus, small cave bear, Late Pleistocene, Western Siberia, stable isotope, ^{13}C , ^{15}N , collagen