



УДК 902.652(57.2)

Первые данные по анализам стабильных изотопов скотоводов позднего голоцена Прибайкалья и их радиоуглеродное датирование*

А. Л. Ватерс-Рист

Лейденский университет, Нидерланды

Р. Дж. Лозей

Университет Альберты, Канада

Т. Ю. Номоконова

Университет Британской Колумбии Оканаган, Канада

Г. В. Туркин

ООО «Альтамира+»

О. И. Горюнова

Иркутский государственный университет

Институт археологии и этнографии СО РАН

Аннотация. Представлены первые результаты анализа стабильных изотопов углерода и азота, выполненного по костям людей и животных с могильников и ритуальных комплексов позднего голоцена Прибайкалья. Предлагается детальное описание методов и результатов по трем основным регионам: Приольхонье, Северный Байкал и Кудинская долина. Также приводятся данные по радиоуглеродному датированию образцов и их корректирование в связи с наличием проблемы резервуарного эффекта в прибайкальских водоемах на протяжении всего голоцена. Результаты этих исследований позволили реконструировать рацион питания скотоводов в позднем голоцене, основанный помимо домашних животных на большом употреблении водных ресурсов. Эти данные подтверждают ранние исследования по фаунистическим материалам о важной роли рыб и нерпы в системе жизнедеятельности населения Прибайкалья, а также демонстрируют их сходство с данными по стабильным изотопам охотников-рыболовов раннего и среднего голоцена региона.

Ключевые слова: Прибайкалье, поздний голоцен, скотоводы, погребения, питание, стабильные изотопы, радиоуглеродное датирование, резервуарный эффект.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Gerda Henkel Foundation (AZ 06/ZA/13).

Введение

В настоящее время в Прибайкалье наиболее полная информация по питанию и системе жизнеобеспечения скотоводов позднего голоцена представлена результатами зооархеологических исследований, полученных в основном с многослойных поселений Приольхонья, а также нескольких объектов долины р. Ангары. Эти исследования продемонстрировали широкое употребление в пищу не только домашних животных (лошадь, корова, овца и коза), но и диких млекопитающих и водных ресурсов, особенно среди групп, населяющих побережье оз. Байкал, где присутствуют остатки байкальской нерпы и рыб [Горюнова, Оводов, Новиков, 2007; Клементьев, Николаев, 2013; Losey, Nomokonova, Savel'ev, 2016; Late Holocene ... , 2010; A 9,000 Year History ... , 2015]. Таким образом, результаты анализов фаунистических материалов четко продемонстрировали, что скотоводы Прибайкалья позднего голоцена в плане источников питания и системы жизнедеятельности использовали разные экосистемы, в том числе существенно полагаясь и на водные ресурсы.

Недавние зооархеологические исследования по байкальской фауне показали наличие значительного пресноводного резервуарного эффекта, который существенно удревняет радиоуглеродные даты в этом регионе на протяжении всего голоцена [A freshwater old ... , 2013]. Последующие работы по анализам стабильных изотопов костей человека с нескольких могильников раннего и среднего голоцена подтвердили, что радиоуглеродные даты, полученные по ним, выглядят намного древнее в силу резервуарного эффекта, в некоторых случаях на 622 года [Analysing radiocarbon ... , 2014; Highly variable freshwater ... , 2015; Chronology of middle Holocene ... , 2016]. На настоящий момент методы корректирования радиоуглеродных дат для Прибайкалья уже разработаны и были успешно применены к материалам раннего и среднего голоцена [Analysing radiocarbon ... , 2014; Highly variable freshwater ... , 2015], но не были использованы при анализе материалов позднего голоцена.

Целью предлагаемой статьи является обсуждение новых данных по стабильным изотопам и радиоуглеродному датированию костей человека и животных, а также бересты из могильников и ритуальных комплексов позднего голоцена Прибайкалья. Анализы стабильных изотопов углерода и азота по коллагену кости скотоводов Прибайкалья приводятся впервые и позволяют реконструировать некоторые аспекты питания в позднем голоцене и корректировать полученные радиоуглеродные даты с учетом резервуарного эффекта.

Стабильные изотопы

Анализ стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) по коллагену кости предоставляет информацию по многим аспектам питания человека. Например, данные по стабильным изотопам могут различить растения, использующие разные фотосинтетические пути, C_3 и C_4 [DeNiro, Epstein, 1978], где C_3 представлен пшеницей и ячменем, а C_4 (не найден в Прибайкалье в природном виде) включает просо, остатки которых ранее были обнаружены на хуннском Иволгинском городище в Забайкалье [Давыдова, 1995], а также исторически культивировались и в Прибайкалье [Дашибалов, 1995].

В то же время отмечена существенная вариация по показателям $\delta^{13}\text{C}$ у рыб, обитающих в оз. Байкал [Katzenberg, Weber, 1999; Diet reconstruction ... , 2010; Prehistoric dietary ... , 2012]. Она отражает многочисленные источники углерода, поступающего в водные резервы, и особенно в глубокие озера; изотопы углерода фракционируют в результате разницы температур и солнечного света [Hecky, Hesslein, 1995]. Такие вариации с показателями более 11 ‰ (от $-12,9$ до $-24,6$ ‰) существуют как минимум по трем основным группам рыб [Katzenberg, Weber, 1999]: глубоководные (бентические), пелагические и прибрежные виды с последующими внутривидовыми вариациями по питанию и среде обитания. При этом показатели $\delta^{13}\text{C}$ по диким наземным млекопитающим в Прибайкалье варьируют значительно меньше, группируясь в основном около -20 ‰ [Diet reconstruction ... , 2010].

Стабильные изотопы азота ($\delta^{15}\text{N}$) увеличиваются примерно на 3 ‰ с каждой ступенью в пищевой цепи наземных и водных экосистем [DeNiro, Epstein, 1981; Minagawa, Wada, 1984; Schoeninger, DeNiro, 1984]. В водных экосистемах пищевая цепь обычно состоит из большего количества ступеней, в результате которых крупные водные хищники имеют более высокие показатели $\delta^{15}\text{N}$ по сравнению с наземными хищниками. В Байкальском регионе нерпа занимает ведущий трофический уровень с показателями $\delta^{15}\text{N}$ около 14 ‰. В то же время байкальский осетр и щука имеют схожие с нерпой высокие показатели [Diet reconstruction ... , 2010]. В связи с этим при реконструкциях питания людей в Прибайкалье по стабильным изотопам важно учитывать, что многие рыбы демонстрируют существенные внутривидовые вариации [Diet reconstruction ... , 2010], иногда более 10 ‰ (например, окунь, сиг и омуль).

На сегодняшний день в Прибайкалье анализы стабильных изотопов были сделаны по нескольким сотням образцов от останков охотников-рыболовов раннего и среднего голоцена [Katzenberg, Weber, 1999; Diet reconstruction ... , 2010; Katzenberg, Goriunova, Weber, 2009; Prehistoric dietary ... , 2012; Weber, Goriunova, 2013; Weber, Link, Katzenberg, 2002; Hunter-gatherer foraging ... , 2011; Infant and child diet ... , 2011]. Эти материалы служат хорошей базой для сравнения с новыми данными по скотоводам позднего голоцена, обсуждаемыми в предлагаемой работе. Например, относительно охотников-рыболовов определены общие тенденции по питанию с небольшими различиями в несколько промилле в зависимости от региона их нахождения. Археологические объекты с останками людей, расположенные близко к побережью оз. Байкал, имеют более насыщенные (менее отрицательные) показатели $\delta^{13}\text{C}$, отражающие употребление в пищу глубоководных рыб. Объекты, находящиеся вдали от Байкала, вдоль берегов рек и притоков, имеют меньшие показатели $\delta^{13}\text{C}$, демонстрирующие употребление в пищу прибрежных рыб и большого количества наземных млекопитающих, наблюдаемых по низким показателям $\delta^{15}\text{N}$ [Diet reconstruction ... , 2010]. Стабильные изотопы по костям людей из Приольхонья свидетельствуют, что нерпа, вероятно, употреблялась в этом регионе в большем количестве, чем в остальных. Для прибайкальских охотников-рыболовов (только взрослых индивидуумов) средние показатели по $\delta^{13}\text{C}$ – от -16 до -20 ‰, по $\delta^{15}\text{N}$ – от 10 до 14 ‰ [Katzenberg, Weber, 1999; Diet reconstruction ... , 2010;

Katzenberg, Goriunova, Weber, 2009; Prehistoric dietary ... , 2012; Weber, Goriunova, 2013; Weber, Link, Katzenberg, 2002; Hunter-gatherer foraging ... , 2011].

Материалы и методы

Образцы костей, отобранных для радиоуглеродного AMS-датирования, проанализированы лабораторией Ångström (Ангстрем) при Уппсальском университете (Швеция). Для корректирования пресноводного резервуарного эффекта по этим датам используется единое для Прибайкалья уравнение $Y = -732,8 + 76,6 (\delta^{15}\text{N})$, разработанное Р. Шултингом с соавторами [Analysing radiocarbon ... , 2014]. Здесь Y – это разница, вычитаемая от некалиброванной радиоуглеродной даты, а $\delta^{15}\text{N}$ – это показатели, представленные в предлагаемой работе. Для подсчета промежутка погрешности новой даты используется следующее уравнение: $SD = \sqrt{s.d.^2 + S^2}$, где $s.d.$ – это погрешность полученной даты, а S – это среднее квадратичное отклонение остатков первого уравнения, которое равняется 85,5. Корректированные даты и их промежутки погрешностей впоследствии были калиброваны в программе Oxcal 4.2 [Bronk Ramsey, 2009] при помощи базы данных IntCal13 [IntCal13 ... , 2013]. Все промежутки дат представлены в значении «лет назад» (кал. л. н.) по двум средним квадратичным отклонениям (95,4 %). Даты, полученные по костям копытных животных, в корректировке не нуждаются.

Подготовка и выделение стабильных изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ по коллагену кости проводились по стандартной методике [Sealy, 1986]. Все образцы были вычищены, залиты дистиллированной водой (dH_2O) и периодически промыты ультразвуком. В сухом состоянии образцы костей были деминерализованы в разведенном 1%-ном растворе соляной кислоты, сменяемом каждые 24–48 часов до окончания процесса. После этого коллаген псевдоморфоз был промыт dH_2O до нейтрального состояния и переведен в 0,1 М раствор едкого натрия (NaOH) на 20 часов для снятия гуминовых кислот. Предыдущие исследования показали, что отказ от использования NaOH увеличивает показатели $\delta^{13}\text{C}$ в среднем на 0,3 % [Jørgov, Heinemeier, Lynnerup, 2007; Comparison of two methods ... , 2014]. Впоследствии образцы снова были промыты dH_2O до нейтрального состояния и подвергнуты сублимационной сушке. После нее выработки коллагена были подсчитаны с полным весом сухой кости, представленной в виде процента от изначального веса.

Измерение проведено на непрерывной циркуляции масс-спектрометра для изотопного анализа *Delta V plus* и *Thermo-Scientific Flash 2000* для элементорганического анализа (для исчисления процента веса и данных C/N) при Отделении геонаук, геологии и геохимии Амстердамского свободного университета (г. Лейден). Данные по изотопам, обозначенные в таблицах звездочкой (*), получены в лаборатории при Уппсальском университете (Швеция) во время обработки образцов для получения радиоуглеродных дат. В этой лаборатории образцы деминерализованы несколько отличающимся процессом (деминерализация выполнена в 0,8 М HCl на 30 минут при 10 °C с последующим растворением в слабой кислоте (pH 3) дистиллированной воде в течение 6–8 часов при 90 °C) без применения NaOH. В связи с тем что лаборатория при Уппсальском

университете использует другую процедуру получения стабильных изотопов, данные $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$, полученные через эту лабораторию, не были использованы в последующем обсуждении результатов для исключения возможных расхождений. Например, сравнение показателей изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ от одного и того же индивидуума, выполненных в Лейдене и Уппсале, показывает, что разница составляет до 1,5 ‰, но не в предсказуемой манере увеличения или уменьшения. Также необходимо учитывать, что анализируемые образцы от взрослых индивидуумов отбирались из разных костей скелета, поэтому такая разница ожидаема, так как отложение коллагена в ткани зависит от возраста.

Результаты стабильных изотопов представлены показателями дельта (δ) в частях промилле (‰) при помощи уравнения $\delta R_{\text{образец}} = \{(R_{\text{образец}} / R_{\text{стандарт}}) - 1\} \times 1000$, где R – соотношение чисел тяжелых и легких изотопов. $\delta^{13}\text{C}$ выполнен относительно Vienna PeeDee Belemnite (VPDB) стандартов морского известняка, а $\delta^{15}\text{N}$ – относительно международных стандартов 'Air'. Три критерия использовались для оценивания сохранности выделенного коллагена: соотношение атомных C/N, которые должны попасть в промежуток 2,9–3,9 [Ambrose, 1990; DeNiro, 1985; DeNiro, Weiner, 1988]; количество коллагена, которое должно быть не ниже 1,0 % [van Klinken, 1999], но предпочтительно выше 2,0 % или даже 3,5 % [Ambrose, 1990]; процент C и N в выделенном коллагене, который основан на коллагене из образцов от современных животных и должен быть между ~35–47 % для C и ~11–17,3 % – для N [Ambrose, 1990; van Klinken, 1999]. Точность масс-спектрометра основана на повторяющихся измерениях с 0,1 ‰ для $\delta^{13}\text{C}$ и 0,2 ‰ для $\delta^{15}\text{N}$. Точность процентов C и N в коллагене измерена через элементный анализатор при $\pm 5,0$ %.

Результаты

Анализ 30 радиоуглеродных дат, полученных для предлагаемой работы, представлен в табл. 1. Корректирование дат на погрешность резервуарного эффекта, выполненных по костям человека, уменьшает некалиброванный возраст от ~180 до 485 лет. Результат корректировки, к сожалению, увеличивает интервал вероятности для каждой даты, что является итогом большого диапазона в калиброванном возрасте. Несмотря на это, даты по костям животным имеют более узкий диапазон, и четыре из них демонстрируют хронологический диапазон от ~2770–2335 кал. л. н. Один из комплексов датирован дважды. Это погребение № 3 (1) с могильника Карганай I, датирование которого выполнено и по костям человека, и по бересте, в которой он был найден. В некорректированном виде радиоуглеродная дата показывает, что кости человека почти на век древнее, чем береста, но при корректировании на предмет резервуарного эффекта калиброванные промежутки дат по костям человека и бересты совпадают.

Все образцы, проанализированные на стабильные изотопы, дали коллаген хорошей сохранности согласно индикаторам сохранности (табл. 1, 2; соотношения между C/N – от 3,2 до 3,4; показатели коллагена – от 1,7 до 21,4; % C в коллагене – от 42 до 48,3; % N – от 15,1 до 18,1). Несколько образцов имели показатели % C или % N в коллагене чуть выше, чем в верхних ограничениях (до <1 %), найденных в других исследованиях, но ввиду их хороших показате-

лей по атомическому соотношению C/N и коллагену это не является проблематичным, и все результаты могут быть использованы вне причин альтерации диагенезисом. Результаты анализов стабильных изотопов углерода и азота представлены в табл. 2 по костям человека и табл. 3 по костям животных, а также суммированы на рисунке.

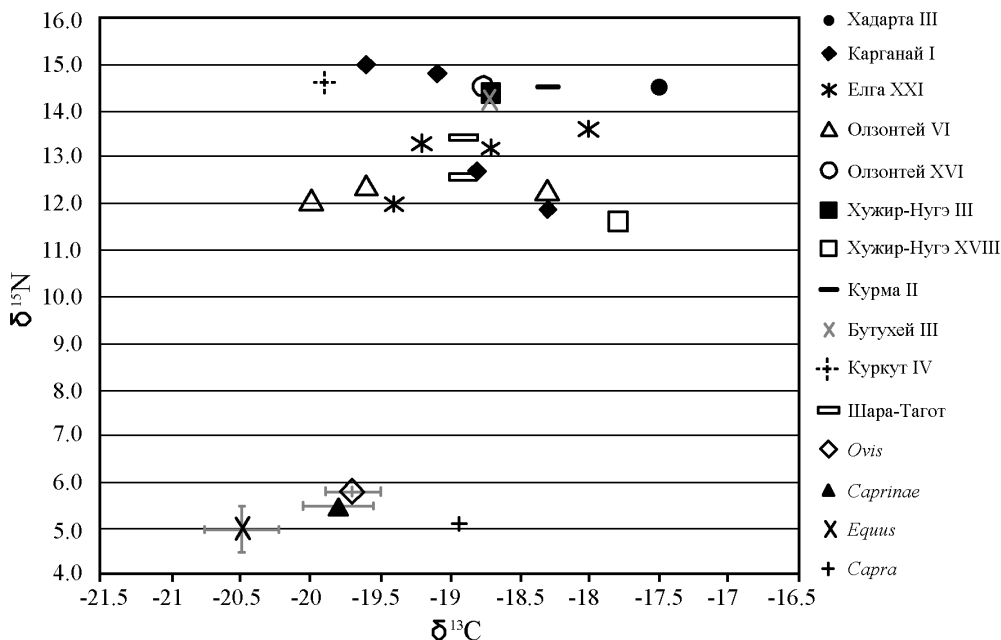


Рис. Показатели $\delta^{15}\text{N}$ и $\delta^{13}\text{C}$ для ранних прибайкальских скотоводов и домашних животных

Из всех образцов по костям человека (табл. 2) показатели $\delta^{13}\text{C}$ попадают в промежуток между $-17,3$ и $-20,0$ ‰ (по данным Лейдена, в среднем $-18,8$ ‰ и со средним квадратичным отклонением $0,7$ ‰). Данные $\delta^{15}\text{N}$ располагаются в промежутке между $10,3$ и $15,9$ ‰ (по данным Лейдена, в среднем $13,1$ ‰ и со средним квадратичным отклонением $1,3$ ‰).

Пять образцов по костям овцы (*Ovis*) (табл. 3) имеют средние показатели $\delta^{13}\text{C} = -19,7$ ‰ и $\delta^{15}\text{N} = 5,8$ ‰ при средних квадратичных отклонениях $0,4$ ‰ и $0,6$ ‰ соответственно. Данные по костям козы (*Capra*) – $\delta^{13}\text{C} = -19,8$ ‰ и $\delta^{15}\text{N} = 5,1$ ‰, а объединенная категория *Caprinae* (количеством 3) – $\delta^{13}\text{C} = -19,8$ ‰ и $\delta^{15}\text{N} = 5,5$ ‰, со средними квадратичными отклонениями $0,5$ и $0,3$ ‰. Восемь образцов по костям лошади (*Equus*) имеют показатели $\delta^{13}\text{C}$ от $-21,5$ до $-19,9$ ‰ (в среднем $-20,9$ ‰ и со средним квадратичным отклонением $0,5$ ‰). Данные $\delta^{15}\text{N}$ располагаются в промежутке между $3,6$ и $7,9$ ‰ (в среднем $5,0$ ‰ и со средним квадратичным отклонением $1,5$ ‰).

Таблица 1

Некорректированные и скорректированные радиоуглеродные даты,
выполненные по костям человека и животных позднего голоцена Прибайкалья

Объект	Погребение / комплекс	Материал	Лаб. №	¹⁴ C	+/-	Коррект. возраст	Коррект. +/-	Разница возраста	Кал. л. н. (95,4 %)
Северный Байкал									
Релка I	погр. № 3 (череп 4)	<i>Equus sp.</i>	Уа-49674	2357	33	-	-	-	2487-2327
Релка I	погр. № 5	Человек	Уа-49659	2527	34	2042	92	485	2307-1819
Релка I	погр. № 1	Человек	Уа-49660	2357	33	2124	92	233	2333-1901
Кудинская долина									
Манхай III	погр. № 11	Человек	Уа-49654	2080	32	1893	91	187	2055-1606
Приольхонье									
Хужиртуй I	комп. № 1	Человек	Уа-49648	2621	49	2266	99	355	2696-1998
Хужир-Нугэ XVIII	погр. № 3	Человек	Уа-49649	2527	33	2371	92	156	2724-2159
Хужир-Нугэ III	погр. № 9	Человек	Уа-49650	2705	37	2335	93	370	2709-2150
Курма II	погр. № 5	Человек	Уа-49653	2470	32	2092	91	378	2315-1880
Олзонтей XVI	погр. № 1	Человек	Уа-49655	2674	35	2304	92	370	2705-2070
Олзонтей VI	погр. № 4	Человек	Уа-49656	2541	33	2331	92	210	2707-2149
Олзонтей VI	погр. № 2 (1)	Человек	Уа-49657	2524	33	2307	92	217	2705-2116
Олзонтей VI	комп. № 1	<i>Ovis aries</i>	Уа-49673	2496	32	-	-	-	2735-2465
Елга VII	погр. № 2	Человек	Уа-49637	2187	30	1901	91	286	2060-1611
Елга VII	погр. № 3	Человек	Уа-49636	2047	20	1937	88	110	2119-1683
Елга XXI	погр. № 1	Человек	Уа-49633	2952	32	2536	91	416	2778-2357

Окончание табл. 1

Объект	Погребение / комплекс	Материал	Лаб. №	¹⁴ C	+/-	Коррект. возраст	Коррект. +/-	Разница возраста	Кал. л. н. (95,4%)
Елга XXI	комп. № 4	Человек	Уа-49634	2827	31	2426	91	401	2744-2326
Елга XXI	погр. № 5	Человек	Уа-49635	2607	32	2428	91	179	2744-2329
Елга XXI	кошл. № 3	Человек	Уа-49631	2651	31	2411	91	240	2744-2212
Елга XXI	погр. № 5	Саргинае	Уа-49677	2436	35	-	-	-	2702-2355
Хадарга II	погр. № 5	Человек	Уа-49643	2681	37	2303	93	378	2705-2069
Карганай I	погр. № 7	Человек	Уа-49638	2507	30	2320	91	187	2705-2133
Карганай I	комп. № 1	Человек	Уа-49639	2833	33	2532	92	302	2775-2356
Карганай I	комп. № 4	Человек	Уа-49641	2678	31	2392	91	286	2738-2184
Карганай I	погр. № 5	Человек	Уа-49642	2760	31	2481	91	279	2745-2355
Карганай I	погр. № 7	Саргинае	Уа-49676	2584	34	-	-	-	2770-2510
Карганай I	погр. № 3 (1)	Человек	Уа-49640	723	30	544	91	179	681-332
Карганай I	погр. № 3 (1)	Береста	Уа-49679	625	35	-	-	-	662-550
Шара-Тагот	погр. № 2	Человек	Уа-49662	2680	33	2448	92	232	2743-2344
Шара-Тагот	погр. № 1	Человек	Уа-49663	2605	33	2311	92	294	2705-2119
Куркут IV	погр. № 20	Человек	Уа-49652	2680	35	2294	92	386	2701-2062

Таблица 2

Данные стабильных изотопов по костям человека позднего голоцена Прибайкалья

Объект	Погребение / комплекс	Индикаторы сохранности стабильных изотопов				Результаты (%)	
		% N по весу	% C по весу	Атомическое C/N соотношение	Показатель коллагена	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Приольхонье							
Елга XXI	погр. № 1	16,2	45,5	3,3	17,2	-19,6	15,0
Елга XXI	комп. № 3	16,7	47,0	3,3	12,5	-18,8	12,7
Елга XXI	комп. № 4	16,3	45,3	3,2	11,6	-19,1	14,8
Елга XXI	погр. № 5	16,7	46,4	3,2	19,6	-18,3	11,9
Карганай I	комп. № 1	17,0	47,4	3,2	14,6	-17,3	13,7
		17,0	46,9	3,2	17,6	-18,6	13,5
		n/a*	n/a*	3,3*	n/a*	-17,7*	12,7*
	комп. № 4	16,5	46,0	3,3	11,0	-19,2	13,3
	погр. № 5	15,7	43,7	3,2	11,4	-18,7	13,2
	погр. № 7	17,0	48,2	3,3	10,6	-19,4	12,0
	погр. № 3 (1)	16,6	46,2	3,2	19,8	-19,5	11,9
	погр. № 3 (2)	18,1	48,3	3,2	10,7	-18,8	12,7
17,0		45,8	3,2	3,4	-18,8	11,9	
16,6		47,6	3,2	17,2	-19,8	10,3	
Хадарта II	погр. № 5	16,2	45,3	3,3	12,8	-17,5	14,5
		n/a*	n/a*	3,3*	n/a*	-16,7*	13,0*
Хужир-Нугэ III	погр. № 9	16,0	44,4	3,2	15,0	-18,7	14,4
Хужир-Нугэ XVIII	погр. № 3	16,5	45,9	3,2	14,5	-17,8	11,6
Хужиртуй I	комп. № 1	15,2	42,4	3,3	1,7	-18,8	14,2
Курма II	погр. № 5	16,4	45,2	3,2	18,9	-18,3	14,5
Олзонтей VI	погр. № 2 (1)	16,3	45,5	3,3	13,8	-19,6	12,4
	погр. № 2 (2)	16,5	45,7	3,2	21,4	-20,0	12,1
	погр. № 4	16,5	45,8	3,2	12,2	-18,3	12,3
Олзонтей XVI	погр. № 1	16,9	46,5	3,2	19,5	-18,7	14,4
Бутухей II	n/a	15,1	44,1	3,4	8,7	-18,7	14,3
Елга VII	погр. № 2	n/a*	n/a*	3,4*	n/a*	-18,3*	13,3*
	погр. № 3	16,7	47,6	3,3	13,0	-19,3	11,0
Куркут IV	погр. № 20	14,9	42,0	3,3	2,1	-19,9	14,6
Шара-Тагот	погр. № 1	16,4	45,3	3,2	4,9	-18,9	13,4
	погр. № 2	17,0	46,6	3,2	15,3	-18,9	12,6
Кудинская долина							
Манхай III	погр. № 11	17,3	47,7	3,2	20,3	-18,8	12,0
Северный Байкал							
Релка I	погр. № 1	16,0	45,1	3,3	7,0	-19,0	12,6
		n/a*	n/a*	3,3*	n/a*	-18,1*	13,3*
	погр. № 5	16,1	44,7	3,2	3,4	-18,0	15,9

Таблица 3

Данные стабильных изотопов по костям животных позднего голоцена Прибайкалья

Объект	Погребение / комплекс	Род	Элемент	Индикаторы сохранности стабильных изотопов				Результаты (‰)	
				% С по весу	% N по весу	Атомическое C/N соотношение	Показатель коллагена	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Приольхонье									
Елга XXI	погр. № 4	<i>Ovis</i>	фр. черепа	45,5	16,0	3,3	4,8	-20,2	5,6
	возле компл. № 3А	<i>Sarginae</i>	фр. челюсти	45,5	15,8	3,4	4,2	-20,1	5,2
	компл. № 3	<i>Equus</i>	фр. челюсти	44,8	15,3	3,4	5,2	-21,5	5,1
	погр. № 5	<i>Equus</i>	сесмоид	46,0	16,5	3,3	8,2	-19,9	7,9
	погр. № 5	<i>Sarginae</i>	фр. черепа	n/a*	n/a*	3,3	n/a*	-19,2	5,8
	погр. № 7	<i>Sarginae</i>	фр. челюсти	n/a*	n/a*	3,2	n/a*	-20,0	5,6
	погр. № 5	<i>Ovis</i>	фр. челюсти	45,6	16,4	3,2	14,5	-19,3	6,9
Курма II	компл. № 2	<i>Equus</i>	фр. черепа	44,7	15,8	3,3	6,0	-21,0	3,6
	компл. № 1	<i>Equus</i>	сесмоид	46,7	17,0	3,2	17,5	-21,1	3,7
	компл. № 1	<i>Equus</i>	фр. черепа	46,4	16,5	3,3	14,4	-20,9	5,3
	компл. № 1	<i>Ovis</i>	фр. черепа	n/a*	n/a*	3,3	n/a*	-19,3	5,9
	погр. № 2, череп 2	<i>Ovis</i>	фр. черепа	45,4	16,4	3,2	16,1	-20,0	5,4
	компл. № 1, череп 5	<i>Equus</i>	фр. черепа	45,5	16,3	3,3	9,9	-20,2	6,0
	погр. № 2, череп 5	<i>Ovis</i>	фр. черепа	45,2	16,3	3,2	14,3	-19,5	5,4
Олзонтей VI	погр. № 2, череп 6	<i>Ovis</i>	фаланга	45,8	16,4	3,3	14,2	-19,8	5,7
	компл. № 1, череп 6	<i>Sariga</i>	фр. челюсти	47,0	16,9	3,2	14,1	-18,9	5,1
	Северный Байкал								
Релка I	погр. № 3, череп 4	<i>Equus</i>	фр. черепа	46,1	16,5	3,3	13,7	-21,0	4,8
	погр. № 3, череп 5	<i>Equus</i>	фр. черепа	n/a*	n/a*	3,5	n/a*	-20,6	4,2
				45,5	16,4	3,2	13,1	-21,3	3,7

Обсуждение

Данные по стабильным изотопам показывают, что прибайкальские скотоводы употребляли в пищу существенное количество водных ресурсов, и, что особенно интересно, средние показатели изотопов очень близки показателям охотников-рыболовов из предыдущих периодов голоцена этого региона. Оба изотопа – $\delta^{15}\text{N}$ и $\delta^{13}\text{C}$ – хорошо совпадают с промежутками, показывающими регулярное употребление в пищу пресноводной рыбы и, вероятно, нерпы. Показатели для людей с $\delta^{15}\text{N}$ от 5 до 10 ‰ выше, чем показатели $\delta^{15}\text{N}$ у проанализированных образцов для домашних животных (таких как лошадь, овца и коза). Они четко демонстрируют употребление в пищу животных с более высоким трофическим уровнем – таким, как у обитающих в оз. Байкал. Полученные данные хорошо совпадают с данными зооархеологии по этому региону, демонстрирующими широкое употребление в пищу рыб и нерпы на протяжении всего позднего голоцена.

Исследования по другим евразийским скотоводам также показывают, что рыба часто являлась существенным источником питания [How ‘pastoral’ ... , 2015; Iron Age pastoral ... , 2013; O’Connell, Levine, Hedges, 2003; Paleoecology, subsistence ... , 2009; Stable Isotope ... , 2013; Subsistence and social change ... , 2014]. В работе Е. М. Мёрфи с соавторами [Iron Age pastoral ... , 2013] по кочевникам Восточной Евразии железного века (Тувы и Минусинской котловины) через анализ стабильных изотопов и патологий продемонстрировано, что экология питания была комплексной и основанной на употреблении культивированного проса, домашних животных и пресноводной рыбы. Е. Лайтфут с соавторами [How ‘pastoral’ ... , 2015] также обсуждают существенные вариации в питании кочевников Казахстана в бронзовом веке и на основе анализа стабильных изотопов указывают на существенное употребление ими проса и речной рыбы. Чем больше анализируется костей людей из могильников евразийских степей позднего голоцена, тем адекватнее демонстрируется разнообразие их питания и систем жизнедеятельности [Earliest direct evidence ... , 2010; Leonard, Crawford, 2002; Iron Age pastoral ... , 2013; Paleoecology, subsistence ... , 2009; Subsistence and social change ... , 2014].

В настоящем исследовании большинство образцов проанализировано из самых ранних погребений скотоводов Прибайкалья. Основная группа их представлена Приольхоньем – районом, прилегающим к оз. Байкал, с открытым доступом к нерпе и разным видам рыб. Как и предполагалось, здесь данные по стабильным изотопам образцов человеческих костей показывают, что нерпа являлась важным источником питания. Несмотря на небольшое количество проанализированных индивидуумов, наблюдаются внутрорегиональные вариации. В Приольхонье показатели $\delta^{13}\text{C}$ варьируют до 2,6 ‰, а $\delta^{15}\text{N}$ – до 3,4 ‰, что предполагает некоторое разнообразие в питании между индивидуумами, особенно в отношении видов и количества употребляемых водных ресурсов. В то же время такая вариация несущественна и может быть объяснена индивидуальными физиологическими различиями по фракционированию изотопов.

Если рассматривать остальные районы, то количество образцов является недостаточным для построения региональных схем и нуждается в дальнейшей обработке. Тем не менее отметим, что показатели по стабильным изотопам из двух образцов с Северного Байкала практически совпадают с данными, полученными для скотоводов позднего голоцена Приольхонья, что также объясняется их близким доступом к водным ресурсам. При этом образец из Кудинской долины – района, наиболее отдаленного от оз. Байкал, имеет показатели $\delta^{15}\text{N}$ на самом низком уровне промежутка (12 ‰), а $\delta^{13}\text{C}$ – в его середине. Однако делать выводы, основываясь на анализе одного индивидуума, пока не представляется возможным.

Заключение

Результаты анализа стабильных изотопов по костям человека из могильников позднего голоцена Прибайкалья демонстрируют, что радиоуглеродные даты этого времени также подвержены резервуарному эффекту и нуждаются в корректировке, так как питание скотоводов основывалось на употреблении домашних животных с существенным включением пресноводных ресурсов оз. Байкал и рек этого региона. Такие показатели близки данным по охотникам-рыболовам раннего и среднего голоцена Прибайкалья, что подтверждает полученные ранее в рамках зооархеологических исследований свидетельства об использовании скотоводами не только домашних животных, но и байкальской нерпы и рыб.

При этом важно учитывать, что показатели по стабильным изотопам основаны на анализе коллагена кости, который в основном отражает рацион протеинового питания [Ambrose, Norr, 1993; Jim, Ambrose, Evershed, 2004; Kellner, Schoeninger, 2007; Tieszen, Fagre, 1993]. В результате протеин животных более высокого трофического уровня, таких как нерпа и рыбы, эффективно маскирует вклад протеина, поступающего от животных более низкого трофического уровня, таких как домашние и дикие копытные. Таким образом, данные не позволяют оценить степень пропорции питания, основанного на ресурсах разного вида. Еще одна проблема заключается в том, что вклад углеводов и жиров в питание также не очень хорошо отражается посредством анализа стабильных изотопов по коллагену кости. Например, небольшое увеличение проса в питании людей не будет заметно, но при существенном употреблении проса изменятся данные $\delta^{13}\text{C}$. При этом $\delta^{15}\text{N}$ останется на том же высоком уровне, если рыба является важным источником питания, что, собственно, маскирует вклад проса. Учитывая данное наблюдение, в будущем следует стараться получать стабильные изотопы из тканей, которые лучше отражают рацион питания (эмаль зуба или углекислая кислота кости) [Ambrose, Norr, 1993; Tieszen, Fagre, 1993]. Такие данные позволят выявить употребление проса людьми или домашними копытными, а также оценить соотношение пресноводных рыб и домашних животных в питании людей. В любом случае полученные результаты, представленные в настоящей статье, могут рассматриваться как первый шаг по реконструкции питания скотоводов позднего голоцена Прибайкалья. Эти результаты демонстрируют меньшую степень изменчивости по сравнению с предыдущими охотниками-рыболовами раннего и среднего голоцена региона.

Список литературы

- Горюнова О. И. Анализ фаунистических материалов с многослойного поселения Тышкинэ III (оз. Байкал) / О. И. Горюнова, Н. Д. Оводов, А. Г. Новиков // Северная Евразия в антропогене: человек, палеотехнологии, геоэкология, этнология и антропология. – Иркутск : Оттиск, 2007. – Т. 1. – С. 168–174.
- Давыдова А. В. Иволгинский археологический комплекс / А. В. Давыдова. – СПб. : Петерб. востоковедение, 1995. – Т. 1: Иволгинское городище. – 94 с.
- Дашибалов Б. Б. Археологические памятники курыкан и хори / Б. Б. Дашибалов. – Улан-Удэ : БНЦ СО РАН, 1995. – 191 с.
- Клементьев А. М. Археозоологическая характеристика поселения Тоток (Южное Приангарье) / А. М. Клементьев, В. С. Николаев // Зоологический журнал. – 2013. – № 92 (9). – С. 1088–1097.
- A freshwater old carbon offset in Lake Baikal, Siberia and problems with the radiocarbon dating of archaeological sediments: evidence from the Sagan-Zaba II site / T. Nomokonova, R. J. Losey, O. I. Goriunova, A. W. Weber // Quaternary International. – 2013. – Vol. 290–291. – P. 110–125.*
- A 9,000 Year History of Seal Hunting on Lake Baikal, Siberia: The Zooarchaeology of Sagan-Zaba II / T. Nomokonova, R. J. Losey, O. I. Goriunova, A. G. Novikov, A. W. Weber // PLOS One. – 2015. – Vol. 10, Is. 5. e0128314. doi:10.1371/journal.pone.0128314*
- Ambrose S. H. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis / S. H. Ambrose // Journal of Archaeological Science. – 1990. – Vol. 17. – P. 431–451.
- Ambrose S. H. Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios and dietary protein to those of bone collagen and carbonate / S. H. Ambrose, L. Norr // Prehistoric human bone: archaeology at the molecular level. – Berlin : Springer-Verlag, 1993. – P. 1–38.
- Analyzing radiocarbon reservoir offsets with stable isotope data: a case study using paired human and faunal remains from the Cis-Baikal region, Siberia / R. J. Schulting, C. Bronk Ramsey, O. I. Goriunova, V. I. Bazaliiskii, A. W. Weber // Radiocarbon. – 2014. – Vol. 56 (3). – P. 991–1008.
- Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates / C. Bronk Ramsey // Radiocarbon. – 2009. – Vol. 51(1). – P. 337–360.
- Chronology of middle Holocene hunter-gatherers in the Cis-Baikal region of Siberia: Corrections based on examination of the freshwater reservoir effect / A. W. Weber, R. J. Schulting, C. Bronk Ramsey, V. I. Bazaliiskii, O. I. Goriunova, N. E. Berdnikova // Quaternary International. – 2016. – Vol. 419. – P. 74–98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.003>
- Comparison of two methods of extracting bone collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis: comparing whole bone demineralization with gelatinization and ultrafiltration / J. Sealy, M. Johnson, M. Richards, O. Nehlich // Journal of Archaeological Science. – 2014. – Vol. 47. – P. 64–69.
- DeNiro M. J. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction / M. J. DeNiro // Nature. – 1985. – Vol. 317. – P. 806–809.
- DeNiro M. J. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals / M. J. DeNiro, S. Epstein // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 1978. – Vol 42. – P. 495–506.
- DeNiro M. J. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals / M. J. DeNiro, S. Epstein // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 1981. – Vol. 45. – P. 341–351.

DeNiro M. J. Chemical, enzymatic and spectroscopic characterization of “collagen” and other organic fractions from prehistoric bones / M. J. DeNiro, S. Weiner // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 1988. – Vol. 52 (9). – P. 2197–2206.

Diet reconstruction of prehistoric hunter-gatherers in the Lake Baikal region / M. A. Katzenberg, V. I. Bazaliiskii, O. I. Goriunova, N. A. Savel'ev, A. W. Weber // *Prehistoric Hunter-Gatherers of the Baikal Region, Siberia: Bioarchaeological Studies of Past Lifestyles.* – Philadelphia : University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology Press. – 2010. – P. 175–192.

Earliest direct evidence for broomcorn millet and wheat in the Central Eurasian steppe region / M. D. Frachetti, R. N. Spengler, G. J. Fritz, A. N. Mar'yashev // *Antiquity.* – 2010. – Vol. 84. – P. 993–1010.

Hecky R. E. Contributions of benthic algae to lake food webs as revealed by stable isotope analysis / R. E. Hecky, R. H. Hesslein // *Journal of the North American Benthological Society.* – 1995. – P. 631–653.

Highly variable freshwater reservoir offsets found along the Upper Lena watershed, Cis-Baikal, southern Siberia / R. J. Schulting, C. Bronk Ramsey, V. I. Bazaliiskii, A. W. Weber // *Radiocarbon.* – 2015. – Vol. 57 (4). – P. 1–13.

How 'pastoral' is pastoralism? Dietary diversity in Bronze Age communities in the central Kazakhstan steppes / E. Lightfoot, G. Motuzaitė-Matuzevičiūtė, T. C. O'Connell, I. A. Kukushkin, V. Loman, V. Varfolomeev, X. Liu, M. K. Jones // *Archaeometry.* – 2015. – Vol. 57 (S1). – P. 232–249.

Hunter-gatherer foraging ranges, migrations, and travel in the middle Holocene. Baikal region of Siberia: Insights from carbon and nitrogen stable isotope signatures / A. W. Weber, D. White, V. I. Bazaliiskii, O. I. Goriunova, N. A. Savel'ev, M. A. Katzenberg // *Journal of Archaeological Science.* – 2011. – Vol. 30. – P. 523–548.

Infant and child diet in Neolithic hunter-fisher-gatherers from Cis Baikal, Siberia: Intra long bone stable nitrogen and carbon isotope ratios / A. L. Waters-Rist, V. I. Bazaliiskii, A. W. Weber, M. A. Katzenberg // *American Journal of Physical Anthropology.* – 2011. – Vol. 146 (2). – P. 225–241.

IntCal13 and *Marine13* Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP / P. J. Reimer, E. Bard, A. Bayliss, J. W. Beck, P. G. Blackwell, C. Bronk Ramsey, P. M. Grootes, T. P. Guilderson, H. Haflidason, I. Hajdas, C. Hatte, T. J. Heaton, D. L. Hoffmann, A. G. Hogg, K. A. Hughen, K. F. Kaiser, B. Kromer, S. W. Manning, M. Niu, R. W. Reimer, D. A. Richards, E. M. Scott, J. R. Southon, R. A. Staff, C. S. M. Turney, J. van der Plicht // *Radiocarbon.* – 2013. – Vol. 55 (4). – P. 1869–1887.

Iron Age pastoral nomadism and agriculture in the eastern Eurasian steppe: implications from dental palaeopathology and stable carbon and nitrogen isotopes / E. M. Murphy, R. J. Schulting, N. Beer, Y. K. Chistov, A. Kasparov, M. Pshenitsyna // *Journal of Archaeological Science.* – 2013. – Vol. 40 (5). – P. 2547–2560.

Jim S. Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: implications for their use in palaeodietary reconstruction / S. Jim, S. H. Ambrose, R. P. Evershed // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 2004. – Vol. 68. – P. 61–72.

Jørkov M. L. S. Evaluating bone collagen extraction methods for stable isotope analysis in dietary studies / M. L. S. Jørkov, J. Heinemeier, N. Lynnerup // *Journal of Archaeological Science.* – 2007. – Vol. 34 (11). – P. 1824–1829.

Katzenberg M. A. Stable isotope ecology and palaeodiet in the Lake Baikal region of Siberia / M. A. Katzenberg, A. Weber // *Journal of Archaeological Science.* – 1999. – Vol. 26. – P. 651–659.

Katzenberg M. A. Paleodiet Reconstruction of Early Bronze Age Siberians from the Site of Khuzhir-Nuge XIV, Lake Baikal / M. A. Katzenberg, O. I. Goriunova, A. W. Weber // *Journal of Archaeological Science*. – 2009. – Vol. 36 (3). – P. 663–674.

Kellner C. M. A simple carbon isotope model for reconstructing prehistoric human diet / C. M. Kellner, M. J. Schoeninger // *American Journal of Physical Anthropology*. – 2007. – Vol. 133. – P. 1112–1127.

Late Holocene subsistence practices among Cis-Baikal pastoralists, Siberia: zooarchaeological insights from Sagan-Zaba II / T. Nomokonova, R. J. Losey, A. W. Weber, O. I. Goriunova, A. G. Novikov // *Asian Perspectives: The Journal of Archaeology for Asia and the Pacific*. – 2010. – Vol. 49 (1). – P. 157–179.

Leonard W. R. *The Human Biology of Pastoral Populations* / W. R. Leonard, M. H. Crawford. – Cambridge : Cambridge University Press, 2002. – 332 p.

Losey R. J. Humans and animals at Bugul'deika II, a Trans-Holocene Habitation site on the shore of Lake Baikal, Russia / R. J. Losey, T. Nomokonova, N. A. Savel'ev // *Quaternary International*. – 2016. – Vol. 419. – pp. 62–73. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.08.021](http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.08.021)

Minagawa M. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age / M. Minagawa, E. Wada // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1984. – Vol. 48. – P. 1135–1140.

O'Connell T. C. The importance of fish in the diet of central Eurasian peoples from the Mesolithic to the Early Iron Age / T. C. O'Connell, M. A. Levine, R. E. M. Hedges // *Prehistoric Steppe Adaptation and the Horse*. – Cambridge : McDonald Institute for Archaeological Research, 2003. – P. 253–268.

Paleoecology, subsistence, and ^{14}C chronology of the Eurasian Caspian steppe bronze age / N. I. Shishlina, E. P. Zazovskaya, J. van der Plicht, R. E. M. Hedges, V. S. Sevanstyanova, O. A. Chicagova // *Radiocarbon*. – 2009. – Vol. 51 (2). – P. 491–499.

Prehistoric dietary adaptations among hunter-fisher-gatherers from the Little Sea of Lake Baikal, Siberia, Russian Federation / M. A. Katzenberg, H. G. McKenzie, R. J. Losey, O. I. Goriunova, A. Weber // *Journal of Archaeological Science*. – 2012. – Vol. 39. – P. 2612–2626.

Schoeninger M. J. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals / M. J. Schoeninger, M. J. DeNiro // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1984. – Vol. 48. – P. 625–639.

Sealy J. Stable carbon isotopes and prehistoric diets in the south-western Cape Province, South Africa / J. Sealy. – Cambridge Monographs in African Archaeology 15, British Archaeology Report International. – Series 293. – 1986. – 293 p.

Stable Isotope Dietary Analysis of Prehistoric Populations from the Minusinsk Basin, Southern Siberia, Russia: A new chronological framework for the introduction of millet to the eastern Eurasian steppe / S. V. Svyatko, R. J. Schulting, J. Mallory, E. M. Murphy, P. J. Reimer, V. I. Khartanovich, Y. K. Chistov, M. V. Sablin // *Journal of Archaeological Science*. – 2013. – Vol. 40 (11). – P. 3936–3945.

Subsistence and social change in central Eurasia: stable isotope analysis of populations spanning the Bronze Age transition / A. V. Ventresca Miller, E. Usmanova, V. Logvin, S. Kalieva, I. Shevnina, A. Logvin, A. Kolbina, A. Suslov, K. Privat, K. Haas, M. Rosenmeier // *Journal of Archaeological Science*. – 2014. – Vol. 42. – P. 525–538.

Tieszen L. L. Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO_2 , bone collagen, bioapatite, and soft tissues / L. L. Tieszen, T. Fagre // *Prehistoric human bone: archaeology at the molecular level*. – Berlin : Springer-Verlag, 1993. – P. 121–155. – (ACS Symposium Series, American Chemical Society, № 258).

Van Klinken G. J. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements / G. J. Van Klinken // *Journal of Archaeological Science*. – 1999. – Vol. 26. – P. 687–695.

Weber A. W. Hunter-gatherer migrations, mobility and social relations: A case study from the Early Bronze Age Baikal region, Siberia / A. W. Weber, O. I. Goriunova // *Journal of Anthropological Archaeology*. – 2013. – Vol. 32 (3). – P. 330–346.

Weber A. W. Hunter-Gatherer Culture Change and Continuity in the Middle Holocene Cis-Baikal, Siberia / A. W. Weber, D. W. Link, M. A. Katzenberg // *Journal of Anthropological Archaeology*. – 2002. – Vol. 21 (2). – P. 230–299.

The First Stable Isotope Analyses of Late Holocene Pastoralists in Cis-Baikal and their Radiocarbon Dating

A. L. Waters-Rist

Leiden University, Netherlands

R. J. Losey

University of Alberta, Canada

T. Nomokonova

University of British Columbia Okanagan, Canada

G. V. Turkin

«Altamira+» Ltd.

O. I. Goriunova

Irkutsk State University

Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS

Abstract. This article presents the first results of stable carbon and nitrogen isotope analyses of human and animal bones found at Late Holocene archaeological sites in Cis-Baikal, Siberia. It provides detailed description of stable isotope methods and results from three main regions: Olkhon region, North Baikal, and the Kuda Valley. In addition, this research provides data on radiocarbon dating of human and animal remains, and correction of AMS dates made on human remains due to the previously documented freshwater reservoir effect in the Baikal region throughout the Holocene. This research allows for the reconstruction of dietary patterns of the Late Holocene pastoralists, which was clearly based on significant consumption of aquatic resources, not just domesticated animals. Stable isotope data confirms previous zooarchaeological investigations in the region, which suggested an important role of seal and fish in Cis-Baikal pastoralists' diets and subsistence practices. Further, it also demonstrates the similarities in the diets between pastoralist and hunter-gatherers inhabiting this region during the Early and Middle Holocene.

Keywords: stable isotopes, carbon, nitrogen, radiocarbon dating, reservoir effect, Cis-Baikal, graves, Late Holocene, diet, pastoralists.

References

- Goriunova O. I., Ovodov N. D., Novikov A. G. Analiz faunisticheskikh materialov s mnogosloinogo poseleniya Tyshkine 3 (oz. Baikal) [Analysis of faunal materials from the multilayer settlement Tyshkine 3 (Lake Baikal)]. *Severnaya Evraziya v antropogene: che-lovek, paleotekhnologii, geoekologiya, etnologiya i antropologiya* [Northern Eurasia in Anthropogen: human, paleotekhnologii, geo-ecology, ethnology and anthropology]. Irkutsk, Ot-tisk Publ., 2007, Vol. 1, pp. 168–174. (in Russ.)
- Davydova A. V. *Ivolginskii arkhologicheskii kompleks* [Ivolginsky archaeological complex]. St. Petersburg, Peterburgskoe vostokovedenie Publ., 1995, Vol. I: Ivolginskoe gorodishche, 94 p. (in Russ.)
- Dashibalov B. B. *Arkheologicheskie pamyatniki kurykan i khori* [Archaeological sites of Kurykan and Khori]. Ulan-Ude, BSC SB RAS Publ., 1995, 191 p. (in Russ.)
- Klementiev A. M., Nikolaev V. S. Arkheozoologicheskaya kharakteristika poseleniya Totok (Yuzhnoe Priangarie) [Archaeozoological characteristic of the settlement Totok (South Angara Region)]. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal], 2013, Vol. 92 (9), pp. 1088–1097. (in Russ.)
- Ambrose S. H. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science*. 1990, Vol. 17, pp. 431–451.
- Ambrose S. H., Norr L. Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. *Prehistoric human bone : archaeology at the molecular level*. Berlin, Springer-Verlag, 1993, pp. 1–38.
- Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*. 2009, Vol. 51 (1), pp. 337–360.
- DeNiro M. J. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature*. 1985, Vol. 317, pp. 806–809.
- DeNiro M. J., Epstein S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1978, Vol. 42, pp. 495–506.
- DeNiro M. J., Epstein S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1981, Vol. 45, pp. 341–351.
- DeNiro M. J., Weiner S. Chemical, enzymatic and spectroscopic characterization of «collagen» and other organic fractions from prehistoric bones. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1988, Vol. 52 (9), pp. 2197–2206.
- Frachetti M. D., Spengler R. N., Fritz G. J., Mariyashev A. N. Earliest direct evidence for broomcorn millet and wheat in the Central Eurasian steppe region. *Antiquity*. 2010, Vol. 84. pp. 993–1010.
- Hecky R. E., Hesslein R. H. Contributions of benthic algae to lake food webs as revealed by stable isotope analysis. *Journal of the North American Benthological Society*. 1995, pp. 631–653.
- Jim S., Ambrose S. H., Evershed R. P. Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: implications for their use in palaeodietary reconstruction. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2004, Vol. 68, pp. 61–72.
- Jørkov M. L. S., Heinemeier J., Lynnerup N. Evaluating bone collagen extraction methods for stable isotope analysis in dietary studies. *Journal of Archaeological Science*. 2007, Vol. 34 (11), pp. 1824–1829.
- Katzenberg M. A., Weber A. Stable isotope ecology and palaeodiet in the Lake Baikal region of Siberia. *Journal of Archaeological Science*. 1999, Vol. 26, pp. 651–659.
- Katzenberg M. A., Goriunova O. I., Weber A. W. Paleodiet Reconstruction of Early Bronze Age Siberians from the Site of Khuzhir-Nuge XIV, Lake Baikal. *Journal of Archaeological Science*. 2009, Vol. 36 (3), pp. 663–674.

Katzenberg M. A., Bazaliiskii V. I., Goriunova O. I., Saveliev N. A., Weber A. W. Diet reconstruction of prehistoric hunter-gatherers in the Lake Baikal region. *Prehistoric Hunter-Gatherers of the Baikal Region, Siberia: Bioarchaeological Studies of Past Lifeways*. Philadelphia, University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology Press, 2010, pp. 175–192.

Katzenberg M. A., McKenzie H. G., Losey R. J., Goriunova O. I., Weber A. Prehistoric dietary adaptations among hunter-fisher-gatherers from the Little Sea of Lake Baikal, Siberia, Russian Federation. *Journal of Archaeological Science*. 2012, Vol. 39, pp. 2612–2626.

Kellner C. M., Schoeninger M. J. A simple carbon isotope model for reconstructing prehistoric human diet. *American Journal of Physical Anthropology*. 2007, Vol. 133, pp. 1112–1127.

Leonard W. R., Crawford M. H. *The Human Biology of Pastoral Populations*. Cambridge, Cambridge University Press, 2002, 332 p.

Lightfoot E., Motuzaitė-Matuzevičiute G., O'Connell T. C., Kukushkin I. A., Loman V., Varfolomeev V., Liu X., Jones M. K. How «pastoral» is pastoralism? Dietary diversity in Bronze Age communities in the central Kazakhstan steppes. *Archaeometry*. 2015, Vol. 57 (S1), pp. 232–249.

Losey R. J., Nomokonova T., Saveliev N. A. Humans and animals at Bugul'deika II, a Trans-Holocene Habitation site on the shore of Lake Baikal, Russia. *Quaternary International*. 2016, Vol. 419, pp. 62–73 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.08.021>

Minagawa M., Wada E. Stepwise enrichment of $\delta^{15}\text{N}$ along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1984, Vol. 48, pp. 1135–1140.

Murphy E. M., Schulting R. J., Beer N., Chistov Y. K., Kasparov A., Pshenitsyna M. 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, Vol. 40 (5), pp. 2547–2560.

Nomokonova T., Losey R. J., Goriunova O. I., Weber A. W. A freshwater old carbon offset in Lake Baikal, Siberia and problems with the radiocarbon dating of archaeological sediments: evidence from the Sagan-Zaba II site. *Quaternary International*. 2013, Vol. 290–291, pp. 110–125.

Nomokonova T., Losey R. J., Goriunova O. I., Novikov A. G., Weber A. W. A 9,000 Year History of Seal Hunting on Lake Baikal, Siberia: The Zooarchaeology of Sagan-Zaba II. *PLOS One*. 2015, Vol. 10, Is. 5. e0128314. doi:10.1371/journal.pone.0128314

Nomokonova T., Losey R. J., Weber A. W., Goriunova O. I., Novikov A. G. Late Holocene subsistence practices among Cis-Baikal pastoralists, Siberia: zooarchaeological insights from Sagan-Zaba II. *Asian Perspectives: The Journal of Archaeology for Asia and the Pacific*. 2010, Vol. 49 (1), pp. 157–179.

O'Connell T. C., Levine M. A., Hedges R. E. M. The importance of fish in the diet of central Eurasian peoples from the Mesolithic to the Early Iron Age. *Prehistoric Steppe Adaptation and the Horse*. Cambridge, McDonald Institute for Archaeological Research, 2003, pp. 253–268.

Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hafliðason H., Hajdas I., Hatte C., Heaton T. J., Hoffmann D. L., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., Manning S. W., Niu M., Reimer R. W., Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Staff R. A., Turney C. S. M., van der Plicht J. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*. 2013, Vol. 55 (4), pp. 1869–1887.

Shishlina N. I., Zazovskaya E. P., van der Plicht J., Hedges R. E. M., Sevanshtyanova V. S., Chicagova O. A. Paleoeecology, subsistence, and ^{14}C chronology of the Eurasian Caspian steppe bronze age. *Radiocarbon*. 2009, Vol. 51 (2), pp. 491–499.

Schoeninger M. J., DeNiro M. J. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1984, Vol. 48, pp. 625–639.

Schulting R. J., Bronk Ramsey C., Goriunova O. I., Bazaliiskii V. I., Weber A. W. Analysing radiocarbon reservoir offsets with stable isotope data: a case study using paired human and faunal remains from the Cis-Baikal region, Siberia. *Radiocarbon*. 2014, Vol. 56 (3), pp. 991–1008.

Schulting R. J., Bronk Ramsey C., Bazaliiskii V. I., Weber A. W. Highly variable freshwater reservoir offsets found along the Upper Lena watershed, Cis-Baikal, southern Siberia. *Radiocarbon*. 2015, Vol. 57 (4), pp. 1–13.

Sealy J. Stable carbon isotopes and prehistoric diets in the south-western Cape Province, South Africa. Cambridge Monographs in African Archaeology 15, British Archaeology Report International, Series 293, 1986, 293 p.

Sealy J., Johnson M., Richards M., Nehlich O. Comparison of two methods of extracting bone collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis: comparing whole bone demineralization with gelatinization and ultrafiltration. *Journal of Archaeological Science*. 2014, Vol. 47, pp. 64–69.

Svyatko S. V., Schulting R. J., Mallory J., Murphy E. M., Reimer P. J., Kharatanovich V. I., Chistov Y. K., Sablin M. V. Stable Isotope Dietary Analysis of Prehistoric Populations from the Minusinsk Basin, Southern Siberia, Russia: A new chronological framework for the introduction of millet to the eastern Eurasian steppe. *Journal of Archaeological Science*. 2013, Vol. 40 (11), pp. 3936–3945.

Tieszen L. L., Fagre T. Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO_2 , bone collagen, bioapatite, and soft tissues. In: J. B. Lambert, G. Grupe (eds.). *Prehistoric human bone: archaeology at the molecular level*. Berlin, Springer-Verlag, 1993, ACS Symposium Series, American Chemical Society, Is. 258, pp. 121–155.

Van Klinken G. J. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science*. 1999, Vol. 26, pp. 687–695.

Ventresca Miller A. V., Usmanova E., Logvin V., Kalieva S., Shevnina I., Logvin A., Kolbina A., Suslov A., Privat K., Haas K., Rosenmeier M. Subsistence and social change in central Eurasia: stable isotope analysis of populations spanning the Bronze Age transition. *Journal of Archaeological Science*. 2014, Vol. 42, pp. 525–538.

Waters-Rist A. L., Bazaliiskii V. I., Weber A. W., Katzenberg M. A. Infant and child diet in Neolithic hunter-fisher-gatherers from Cis-Baikal, Siberia: Intra-long bone stable nitrogen and carbon isotope ratios. *American Journal of Physical Anthropology*. 2011, Vol. 146 (2), pp. 225–241.

Weber A. W., Link D. W., Katzenberg M. A. Hunter-Gatherer Culture Change and Continuity in the Middle Holocene Cis-Baikal, Siberia. *Journal of Anthropological Archaeology*. 2002, Vol. 21 (2), pp. 230–299.

Weber A. W., Goriunova O. I. Hunter-gatherer migrations, mobility and social relations: A case study from the Early Bronze Age Baikal region, Siberia. *Journal of Anthropological Archaeology*. 2013, Vol. 32 (3), pp. 330–346.

Weber A. W., Schulting R. J., Bronk Ramsey C., Bazaliiskii V. I., Goriunova O. I., Berdnikova N. E. Chronology of middle Holocene hunter-gatherers in the Cis-Baikal region of Siberia: Corrections based on examination of the freshwater reservoir effect. *Quaternary International*. 2016, Vol. 419, pp. 74–98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.003>

Weber A. W., White D., Bazaliiskii V. I., Goriunova O. I., Saveliev N. A., Katzenberg M. A. Hunter-gatherer foraging ranges, migrations, and travel in the middle Holocene. Baikal region of Siberia: Insights from carbon and nitrogen stable isotope signatures. *Journal of Archaeological Science*. 2011, Vol. 30, pp. 523–548.

Андреа Л. Ватерс-Рист

Ph. D., ассистент профессора,
факультет археологии
Лейденский университет
Postbus 9514, 2300 RA, Лейден, Нидерланды
e-mail: a.l.waters@arch.leidenuniv.nl

Andrea L. Waters-Rist

Ph. D., Assistant Professor,
Faculty of Archaeology
Leiden University
Postbus 9514, 2300 RA, Leiden,
Netherlands
e-mail: a.l.waters@arch.leidenuniv.nl

Роберт Джастин Лозей

Ph. D., профессор,
отделение антропологии
Университет Альберта
T6G 2H4, Канада, Альберта, Эдмонтон,
13-15 HM Tory Building,
e-mail: robert.losey@ualberta.ca

Robert Justin Losey

Ph. D., Associate Professor,
Department of Anthropology
University of Alberta
13-15 HM Tory Building, Edmonton,
AB, Canada, T6G 2H4
e-mail: robert.losey@ualberta.ca

Номоконова Татьяна Юрьевна

Ph. D., преподаватель антропологии
Университет Британской Колумбии
Оканаган
1147 Research Road, Kelowna, BC,
V1V 1V7, Канада,
e-mail: tatiana.nomokonova@gmail.com

Nomokonova Tatiana Yuriyevna

Ph. D., Lecturer in Anthropology
Community, Culture and Global Studies
University of British Columbia Okanagan
1147 Research Road, Kelowna, BC,
V1V 1V7, Canada
e-mail: tatiana.nomokonova@gmail.com

Туркин Геннадий Владимирович

кандидат исторических наук,
археолог
ООО «Альтамира+»
665830, Россия, г. Ангарск, 73-6-43
e-mail: angtur@list.ru

Turkin Gennadii Vladimirovich

Candidate of Sciences (History),
Archaeologist
«Altamira+» Ltd.
43-6-43, Angarsk, Russia, 665830
e-mail: angtur@list.ru

Горюнова Ольга Ивановна

кандидат исторических наук,
старший научный сотрудник,
научно-исследовательский центр
«Байкальский регион»
Иркутский государственный университет
664003, Россия, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
ведущий научный сотрудник
Институт археологии и этнографии
СО РАН
630090, Россия, г. Новосибирск,
пр. Акад. Лаврентьева, 17
e-mail: as122@yandex.ru

Goriunova Olga Ivanovna

Candidate of Sciences (History),
Senior Researcher, Scientific Researcher
Center «Baikal Region»
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, Russia, 664003
Leading Researcher
Institute of Archaeology and Ethnography
SB RAS
17, Akad. Lavrentiev Avenue, Novosibirsk,
Russia, 630090
e-mail: as122@yandex.ru