

Стабильные изотопы углерода и азота костных остатков млекопитающих раннего и среднего голоцена стоянки Остров Лиственичный (Пункт 2)

А. М. Кузнецов¹, А. М. Хубанова², Е. О. Роговской¹, А. М. Клементьев³,
В. Б. Хубанов^{2,4}, В. Ф. Посохов²

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия,

³Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия

⁴Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Представлены результаты анализа состава стабильных изотопов углерода и азота в костных остатках млекопитающих раннего и среднего голоцена (*Cervus elaphus*, *Capreolus pygargus*, *Alces americanus*, *Canis familiaris*, *Ursus arctos*) со стоянки Остров Лиственичный (Пункт 2). Установлено, что отношения стабильных изотопов палеофауны Северного Приангарья входят в диапазон варируемости изотопного состава образцов аналогичной палеофауны Южного Приангарья. Фиксируется кратное увеличение содержания $\delta^{15}\text{N}$ в образцах ранне- и среднеголоценовых медведей (*Ursus arctos*) и лосей (*Alces americanus*) в сравнении с современными особями. На настоящем этапе исследования имеющиеся единичные данные по Северному Приангарью не позволяют однозначно связывать изменения в составе стабильных изотопов с палеоклиматическими трендами (потепление-похолодание, аридность-гумидность).

Ключевые слова: Байкальская Сибирь, Северное Приангарье, голоцен, бореал, атлантик, стабильные изотопы углерода и азота.

Для цитирования: Стабильные изотопы углерода и азота костных остатков млекопитающих раннего и среднего голоцена стоянки Остров Лиственичный (Пункт 2) / А. М. Кузнецов, А. М. Хубанова, Е. О. Роговской, А. М. Клементьев, В. Б. Хубанов, В. Ф. Посохов // Известия Иркутского государственного университета. Серия Геоархеология. Этнология. Антропология. 2019. Т. 27. С. 27–35. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2019.27.27>

Carbon and Nitrogen Stable Isotopes in the Mammal Bone Remains of Early and Middle Holocene from the Site Ostrov Listvenichnyi (Point 2)

A. M. Kuznetsov¹, A. M. Khubanova², E. O. Rogovskoi¹, A. M. Klementiev³,
V. B. Khubanov^{2,4}, V. F. Posokhov²

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

²Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation

³Institute of the Earth Crust SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

⁴Buryat State University, Ulan-Ude, Russian Federation

Abstract. The paper presents carbon and nitrogen stable isotopes data for the mammal bone remains from excavation of the site Ostrov Listvenichnyi (Point 2) (Northern Angara region). Early and Middle Holocene layers of this site demonstrate the shift from pre-pottery Mesolithic to Neolithic industry. Stable isotopes studies can help to understand the scale of paleoenvironmental changing in that process. The main problem on this way is the completeness of data in Northern Angara region. Because of it, current study exploits previous stable isotopes evidences of the multilayered Ust-Keul 1 site and the results of AMS-dating in addition to analyses of mammal remains of the site Ostrov Listvenichnyi (Point 2). There are *Cervus elaphus*, *Capreolus pygargus*, *Alces americanus*, *Canis familiaris*, *Ursus arctos* in the sample. The species composition of the fauna and the ratio of carbon and nitrogen stable isotopes in the bone remains indicate the dominance of the forest (taiga) landscape. Further carbon and nitrogen stable isotopes composition of Northern Angara is compared with the data of Baikal Archaeological Project. The last one consists of Early and Middle Holocene Kitoi isotope materials and isotope investigations of modern mammals in Baikal region. The comparison demonstrates that the most of indicators of the Northern Angara Holocene are included in the isotope variation of the South Angara region analogues. But the data also illustrates exceptions such as *Alces americanus* and *Ursus arctos* isotope ratios. Nitrogen isotope level of that mammal remains in Holocene is significantly more than in modern ones. That phenomenon may be caused by season/age climate fluctuation resulting in water or food stress. Thus analyses of carbon and nitrogen stable isotopes data of the site Ostrov Listvenichnyi (Point 2) demonstrate that there is no obvious evidence of correlation between paleoclimate changing and stable isotope composition in Early and Middle Holocene at least before the new investigation in Northern Angara region.

Keywords: Baikal Siberia, North Angara region, Holocene, Boreal, Atlantic, carbon and nitrogen stable isotopes.

For citation: Kuznetsov A. M., Khubanova A. M., Rogovskoi E. O., Klementiev A. M., Khubanov V. B., Posokhov V. F. Carbon and Nitrogen Stable Isotopes in the Mammal Bone Remains of Early and Middle Holocene from the Site Ostrov Listvenichnyi (Point 2). *Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series*. 2019, Vol. 27, pp. 27–35. <https://doi.org/10.26516/2227-2380.2019.27.27> (in Russ.)

*Полные сведения об авторах см. на последней странице статьи.

*For complete information about the authors, see the last page of the article.

Введение

К настоящему времени для территории Байкальской Сибири проведено представительное количество зооархеологических исследований, связанных с изучением стабильных изотопов. Подавляющая часть этой работы выполнена в рамках совместного российско-канадского Байкальского археологического проекта (Baikal Archaeology Project) и базируется на анализе материалов стоянок оз. Байкала и нескольких участков верхнего течения р. Ангары [Горюнова, Вебер, 2017]. Однако Северное Приангарье на сегодняшний момент обеспечено только единичными экскурсами в подобную проблематику.

Настоящая работа продолжает рассмотрение проблем реконструкции палеоэкологических обстановок Северного Приангарья на основе анализа стабильных изотопов остатков палеофауны. Если предыдущее исследование было сконцентрировано на материалах многослойного местонахождения Усть-Кеуль I [Особенности состава ... , 2017], то базой настоящего являются данные, полученные в ходе анализа костных остатков различных видов животных с местонахождения Остров Лиственичный (Пункт 2), которые датированы ранним и средним голоценом. Большая часть информации была получена в ЦКП «Аналитический центр минералого-геохимических и изотопных исследований» ГИН СО РАН (Улан-Удэ, Россия). Кроме того, использованы данные по Северному Приангарью, полученные в ходе AMS-датирования костных остатков в лаборатории Отдела наук о Земле Калифорнийского университета в Ирвайне (США) и в лаборатории университета г. Белфаста (Великобритания). Для корреляции полученных результатов в рамках хронологической и территориальной внутрорегиональной вариабельности привлечены опубликованные данные Байкальского археологического проекта [Holocene zooarchaeology ... , 2017; Katzenberg, Weber, 1999; Weber, Link, Katzenberg, 2002; Hunter-gatherer ... , 2011].

Исходя из увеличения выборки остеологического материала, в настоящей статье предлагается более осторожный взгляд на изменение окружающей среды на протяжении голоцена и отклик на эти события в изотопном составе палеофауны.

Характеристика местонахождения

Многослойное местонахождение Остров Лиственичный открыто в 2007 г. Усть-Илимским отрядом археологической экспедиции Иркутского государственного университета под руководством Е. О. Роговского. Объект располагался на одноименном острове, лежащем на половине расстояния от устья рек Ката и Ёдарма. Долины этих рек, являющихся соответственно правым и левым притоками Ангары, находятся практически напротив друг друга, образуя Като-Ёдарминское расширение.

Объект дислоцировался в верхней части острова в двух пунктах: на приверхе (Пункт 1) и в полукилометре ниже по течению, по правому берегу (Пункт 2), обращенному к Катской протоке. Пункты неравнозначны как по площади, так и по количеству археологического материала. На объекте 2 выделено семь уровней залегания археологического материала, шесть из которых относятся к голоценовому времени. Культурный горизонт (к. г.) 3 зафиксирован в низах почвенных образований голоценового оптимума и отнесен к среднему голоцену (АТ). Оптимум представлен черным, сильно заиленным легким-средним суглинком с примесью мелкого песка. Ранний голоцен (РВ, ВО) представлен к. г. 5, который залегал в менее гумусированных подстилающих отложениях, серовато-бурых легких заиленных суглинках. Культурный горизонт 4 в пределах раскопанных площадей имел крайне ограниченное распространение и был представлен линзами почв с единичными находками артефактов, поэтому он в настоящей работе не рассматривается.

Радиоуглеродный анализ подтвердил стратиграфические выводы о возрасте горизонтов. По к. г. 5 продатированы два неопределимых фрагмента кости копытного и лучезапястный сустав благородного оленя (*Cervus elaphus*). По ним получены радиоуглеродные даты в диапазоне ^{14}C 8,4–8,5 л. н. [Кузнецов, Роговской, Таракановский, 2017]. Для к. г. 3 датирование показало гораздо больший разброс значений – ~7700–7000 ^{14}C л. н. без учета данных по ихтиофауне [Новые радиоуглеродные ... , 2017].

Млекопитающие ранне- и среднеголоценовых культурных горизонтов местонахождения Остров Лиственичный представлены видами таежного териокомплекса (лось, соболь, бурый медведь) и интразональными мигрантами по долинам рек (косуля, благородный олень) с преобладанием копытных [Клементьев, Кузнецов, Роговской, 2017].

Материалы и методы анализа

Для изотопного анализа были отобраны пробы по 4–10 г костного и зубного материала различных видов ископаемых животных (благородный олень, косуля, лось, медведь и собака) из пятого и третьего культурных горизонтов многослойного местонахождения Остров Лиственичный (Пункт 2). Предпочтение при отборе отдавалось образцам, которые по внешним признакам (цвет, целостность, крепкость и плотность материала, отсутствие признаков наложения вторичной карбонатизации и др.) имели удовлетворительную сохранность [Физико-химические характеристики ... , 2009].

Из палеонтологических остатков к. г. 5 были отобраны: пястная кость (*metacarpal*) благородного оленя (*Cervus elaphus*) и пястная кость косули (*Capreolus pygargus*), лопаточная кость (*scapula*) лося (*Alces americanus**), нижнечелюстная кость (*mandible*) и моляр (*molar*) собаки (*Canis familiaris*) и первая фаланга пальца (*Phalanx I*) медведя (*Ursus arctos*). Из к. г. 3: плюсовая кость (*metatarsal*) благородного оленя (*Cervus elaphus*), рог (*horn*) косули (*Capreolus pygargus*), запястная кость (*carpus*) лося (*Alces americanus*), плечевая кость (*humerus*) собаки (*Canis familiaris*), резец (*canine*) и нижнечелюстная кость медведя (*Ursus arctos*).

Весь отобранный материал вначале был очищен щеткой, промыт несколько раз в дистиллированной воде, в том числе в ультразвуковой ванне, и просушен на открытом воздухе. Затем образцы замачивались в хлористом метиле на 24 ч для обезжиривания. После того, как исследуемые ткани были высушены, они обрабатывались по модифицированной методике Лонджина [Longin, 1971]. Данная методика включает следующие этапы: деминерализация в 0,5 М растворе HCl в течение 3–5 суток до размягчения костной ткани; очищение от липидов и гуминовых кислот в 0,125 М растворе NaOH в течение 20 ч; растворение остатка в слабой соляной кислоте при нагревании до 100 °С в течение 17 ч. Полученный коллоидный раствор разделяли на тяжелую и легкую фракции с помощью центрифуги ELM1 CM-50 при скорости 15 тыс. об/мин в течение 45 мин. Далее легкая фракция (очищенный коллаген) высушивалась в сушильном шкафу при температуре 70 °С до получения твердого остатка, согласно принятой методике [Арсланов, 1987; Николаев, Рысков, Якумин, 2006].

Изотопный анализ проб очищенного коллагена выполнялся на масс-спектрометре Finnigan 253 (ГИН СО РАН), при помощи которого определялись отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$. Изотопные данные выражены в виде значений в промилле (‰):

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{образец}}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{стандарт}}} \right) - 1 \right] \cdot 1000 \text{ ‰},$$

$$\delta^{15}\text{N} = \left[\left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{образец}}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{стандарт}}} \right) - 1 \right] \cdot 1000 \text{ ‰}.$$

Значение $\delta^{13}\text{C}$ в образце рассчитывалось относительно изотопного состава Pee Dee Belemnite (PDB) и $\delta^{15}\text{N}$ – атмосферного воздуха.

Пробы анализировались вместе с международными (USGS 40, IAEA-N-1) и внутрилабораторными стандартами (MCA-7, MCA-8). Погрешность определения изотопных отношений составляла (1σ) $\pm 0,2 \text{ ‰}$ для $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$. Для оценки степени сохранности коллагена ископаемых костей использовалось процентное содержание, выход коллагена и соотношение атомных количеств углерода и азота ($\text{C}/\text{N}_{\text{ат}}$), которое должно находиться в интервале от 2,9 до 3,6 [Improved collagen ... , 1988; Свяtko, 2016].

* В предыдущих публикациях, посвященных стоянке Остров Лиственичный, остатки лося определяются как принадлежащие к евроазиатскому виду (*Alces alces*), однако данные претерпели корректировку и на сегодняшний момент вид определяется как лось американский (*Alces americanus*).

Результаты

Выход сухого остатка коллагена из костных, зубных и роговых образцов составил от 0,8 до 9,0 %, при этом практически во всех пробах содержание углерода в белке было не менее 38 %, а азота – не менее 13%. Атомарное соотношение углерода к азоту ($C/N_{ат}$) находилось в диапазоне от 2,9 до 3,4 (табл.). Данные показатели свидетельствуют об удовлетворительной сохранности этих образцов [Ambrose, 1990; Святко, 2016]. Исключение составил образец кости *Alces americanus* из к. г. 3, для коллагена которого наблюдались пониженные концентрации углерода 17,5 % и азота 5,5 %, при $C/N_{ат}$ 3,7, что предполагает плохую сохранность палеонтологического материала. По-видимому, костная ткань претерпела более глубокую фоссилизацию, поэтому выделенный из нее белок может иметь несколько измененные отношения изотопов углерода и азота, которые не отражают прижизненный изотопный состав животного. Данный образец исключен из обсуждения.

Данные по стабильным изотопам фаунистических остатков из к. г. 3 и 5
местонахождения Остров Лиственичный (Пункт 2)

Таблица

Лаб. индекс	Вид	Лат. название	Культ. горизонт	Период голоцена	^{14}C -дата, л. н.	Возраст, кал. л. н. (95,4 %)	$C/N_{ат}$	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$
L_02-12-18	Благородный олень	<i>Cervus elaphus</i>	3	АТ	–	–	3,1	-20,7	5,9
L_03-12-18	Собака	<i>Canis familiaris</i>	3	АТ	–	–	3,1	-19,4	10,5
L_06-12-18	Медведь	<i>Ursus arctos</i>	3	АТ	–	–	2,9	-18,6	8,2
L_06-12-18-1	Медведь	<i>Ursus arctos</i>	3	АТ	–	–	3,1	-19,0	8,8
L_07-12-18	Косуля	<i>Capreolus pygargus</i>	3	АТ	–	–	3,4	-21,3	6,3
L_09-12-18	Лось	<i>Alces americanus</i>	3	АТ	–	–	3,7	-21,4	6,6
UBA-29644	Копытное (?)	–	3	АТ	7128±52	8030–7842	3,2	-21,8	6,0
UCIAMS-157871	Собака	<i>Canis familiaris</i>	3	АТ	7890±25	8849–8596	3,3	-20,0	10,5
UCIAMS-183012	Косуля	<i>Capreolus pygargus</i>	3	АТ	7695±20	8540–8424	3,2	-20,8	9,2
L_01-12-18	Благородный олень	<i>Cervus elaphus</i>	5	ВО	–	–	3,1	-17,3	4,5
L_04-11-18	Собака	<i>Canis familiaris</i>	5	ВО	–	–	2,9	-19,2	10,8
L_04-11-18-1	Собака	<i>Canis familiaris</i>	5	ВО	–	–	2,9	-19,3	12,2
L_05-12-18	Медведь	<i>Ursus arctos</i>	5	ВО	–	–	3,1	-18,5	8,8
L_08-12-18	Косуля	<i>Capreolus pygargus</i>	5	ВО	–	–	3	-21,3	5,8
L_10-11-18	Лось	<i>Alces americanus</i>	5	ВО	–	–	3	-20,1	5,5

Для образцов из к. г. 5 получены следующие показатели: для пястной кости косули (*Capreolus pygargus*) – $\delta^{13}C = -21,3$ ‰, $\delta^{15}N = 5,8$ ‰, для лопатки лося (*Alces americanus*) – $\delta^{13}C = -20,1$ ‰ и $\delta^{15}N = 5,5$ ‰; для пястной кости благородного оленя – $\delta^{13}C = -17,3$ ‰ и $\delta^{15}N = 4,5$ ‰; для фаланги пальца медведя (*Ursus arctos*) – $\delta^{13}C = -18,5$ ‰ и $\delta^{15}N = 8,8$ ‰. У одной особи собаки (*Canis familiaris*) коллаген из нижнечелюстной кости имеет показатели $\delta^{13}C = -19,2$ ‰ и $\delta^{15}N = 10,8$ ‰, а коллаген из зуба – $\delta^{13}C = -19,3$ ‰ и $\delta^{15}N = 12,2$ ‰.

Для коллагена, выделенного из костных тканей травоядных животных из к. г. 3, получены следующие значения: для кости благородного оленя (*Cervus elaphus*) – $\delta^{13}C = -20,7$ ‰, $\delta^{15}N = 5,9$ ‰; для рога косули (*Capreolus pygargus*) – $\delta^{13}C = -21,3$ ‰, $\delta^{15}N = 6,3$ ‰. Для одной особи медведя (*Ursus arctos*) из этого же горизонта наблюдаются значения $\delta^{13}C = -19$ и $\delta^{15}N = 8,8$ ‰ для коллагена зуба, $\delta^{13}C = -18,6$ ‰ и $\delta^{15}N = 8,2$ ‰ – для челюстной кости. Плечевая кость собаки (*Canis familiaris*) демонстрирует показатели $\delta^{13}C = -19,4$ ‰ и $\delta^{15}N = 10,5$ ‰.

Кроме того, базу данных по к. г. 3 можно дополнить сопроводительными результатами AMS-датирования (UBA-29644, UCIAMS-157871, UCIAMS-183012) (см. табл.). Для фрагмента челюсти косули (*Capreolus pygargus*) показатели демонстрируют значения $\delta^{13}C = -20,8$ ‰ и $\delta^{15}N = 9,2$ ‰ [Новые радиоуглеродные ... , 2017, с. 223, табл.], для локтевой

кости копытного – $\delta^{13}\text{C} = -21,8 \text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6,0 \text{ ‰}$; для диафиза плечевой кости собаки (*Canis familiaris*) – $\delta^{13}\text{C} = -20,0 \text{ ‰}$ и $\delta^{15}\text{N} = 10,5 \text{ ‰}$. Атомарное соотношение углерода к азоту ($\text{C}/\text{N}_{\text{ат}}$) в представленных образцах варьирует в диапазоне от 3,1 до 3,3.

Обсуждение

Хищники. Изотопные показатели ранне- и среднеголоценовых собак (*Canis familiaris*) практически одинаковы. Диапазон показателей $\delta^{13}\text{C}$ для образцов из к. г. 3 составляет от $-19,4$ до -20 ‰ , $\delta^{15}\text{N}$ равен $10,5 \text{ ‰}$. В к. г. 5 анализ коллагена из челюсти и зуба одной особи дал результаты в $\delta^{13}\text{C} = -19,2 \text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 10,8 \text{ ‰}$ и $\delta^{13}\text{C} = -19,3 \text{ ‰}$ и $\delta^{15}\text{N} = 12,2 \text{ ‰}$ соответственно.

То же самое относится и к медведю (*Ursus arctos*). В к. г. 3 значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ коллагена одной особи составляют $-18,6$ и $8,2 \text{ ‰}$ для челюсти и $-19,0$ и $8,8 \text{ ‰}$ для зуба, а в к. г. 5 – $-18,5$ и $8,8 \text{ ‰}$.

Если внутривидовой диапазон значений изотопных отношений от раннего к среднему голоцену практически не меняется, что свидетельствует о сохранении рациона и, следовательно, пищевых цепочек, то сравнение изотопных характеристик двух видов предполагает вариабельность диеты одомашненных и диких хищников. Отклонение изотопной подписи для углерода в костных и зубных тканях медведя незначительно и увеличено на $0,2$ – $1,5 \text{ ‰}$ по сравнению с собаками. Однако повышенное на $1,7$ – 4 ‰ содержание $\delta^{15}\text{N}$ у собаки по сравнению с медведем может свидетельствовать о присутствии в ее рационе пищи с более тяжелым изотопным составом азота, чем мясо травоядных животных, например мяса хищников или рыбы. Последнее предположение кажется нам более обоснованным, если привлечь к сравнению данные с раннеэоценового китойского могильника Шаманский Мыс на Байкале. Там показатель $\delta^{13}\text{C}$ для трех образцов костей собаки колеблется в диапазоне от $-17,5$ до $-18,5 \text{ ‰}$, а уровень $\delta^{15}\text{N}$ – от $12,9$ до $13,1 \text{ ‰}$ [Hunter-gatherer ... , 2011].

Учитывая современные представления о диете китойцев, как ориентированной в большей степени на рыбные ресурсы, можно предположить, что и китойские собаки имели в рационе подобный компонент [Katzenberg, Weber, 1999]. Данные по североангарским собакам можно интерпретировать в похожем ключе, особенно если обратить внимание на показатели анализа зуба, ткани которого являются более явным маркером рациона питания [Ambrose, Norg, 1993; Tieszen, Fagre, 1993].

Обращает на себя внимание разрыв в уровне стабильных изотопов ранне- и среднеголоценовых медведей и современных особей. Если древние медведи Северного Приангарья ($n = 3$) имеют показатели $\delta^{13}\text{C}$ от $-18,5$ до $-19,0 \text{ ‰}$, а $\delta^{15}\text{N}$ – от $8,2$ до $8,8 \text{ ‰}$, то у современных особей ($n = 3$), обитающих в Сибири, $\delta^{13}\text{C}$ варьирует от $-19,5$ до $-20,3 \text{ ‰}$ ¹, а $\delta^{15}\text{N}$ – от $4,2$ до $6,5 \text{ ‰}$ [Weber, Link, Katzenberg, 2002]. Несмотря на присутствие эффекта прогнозируемого сдвига из-за техногенного загрязнения атмосферы, диспропорцию уровня стабильных изотопов, особенно азота, сложно связать только с этим феноменом [Hunter-gatherer ... , 2011]. Можно предположить, что у ранне- и среднеголоценовых медведей стоянки Остров Лиственичный (Пункт 2) в рационе было заметно больше белковой пищи, возможно падали.

Травоядные. Лось, косуля и благородный олень в третьем и пятом культурном горизонте, как и ожидалось, имеют облегченный изотопный состав углерода и азота относительно изотопного состава хищников, поскольку являются первичными консументами в пищевой цепи [Bocherens, Drucker, 2003; Святоко, 2016].

Уровень изотопного состава углерода костных остатков лося (*Alces americanus*) к. г. 5 Острова Лиственичный ($\delta^{13}\text{C} = -20,1 \text{ ‰}$) находится в диапазоне вариабельности аналогичных значений, полученных по ранне- и среднеголоценовым горизонтам местонахождения Усть-Кеуль I [Особенности состава ... , 2017]. Они составляют $-19,35 \text{ ‰}$ для к. г. 8, датированного бореальным периодом, и варьируют от $-18,93$ до $-20,98 \text{ ‰}$ для к. г. 6 и 7, отнесенных к атлантическому оптимуму [Новосельцева, Соколова, 2012]. Однако уровень изотопного

¹ Здесь и далее данные приводятся по первоисточнику, без учета эффекта Зюсса.

состава азота в образце с Острова Лиственичный ($\delta^{15}\text{N} = 5,5 \text{ ‰}$) в сравнении с образцами с Усть-Кеуля I ($n = 3$, $\delta^{15}\text{N} = 6,28\text{--}6,84 \text{ ‰}$) в среднем ниже на 1 ‰.

Если сравнивать уровень изотопа азота североангарских ранне- и среднеголоценовых лосей с образцом аналогичного возраста с Малого моря ($\delta^{15}\text{N} = 3,7 \text{ ‰}$) или современных экземпляров с территории долины Ангары и побережья Байкала ($n = 4$, $\delta^{15}\text{N} = 1,1\text{--}3,1 \text{ ‰}$), можно увидеть практически двукратный разрыв в значениях [Hunter-gatherer ... , 2011]. При этом уровень изотопа углерода вышеприведенных образцов варьирует в одинаковом диапазоне от $-19,2$ до $-20,98 \text{ ‰}$.

Такие показатели $\delta^{15}\text{N}$ у лосей Северного Приангарья могут быть связаны с широтностью территории и, соответственно, с более низкими среднегодовыми температурами, что может быть причиной частого недоедания (пищевой стресс) и/или особого рациона питания, состоящего из водно-болотной растительности с утяжеленным изотопным составом азота. Однако ограниченность изотопных данных оставляет это предположение в ранге частной гипотезы.

Остатки косули (*Capreolus pygargus*) Острова Лиственичный показывают противоречивую картину соотношения стабильных изотопов. Если у двух образцов из к. г. 3 и 5 показатели соотношения стабильных изотопов углерода и азота практически сходятся ($\delta^{13}\text{C} = -21,3 \text{ ‰}$ у обоих, $\delta^{15}\text{N} = 5,8 \text{ ‰}$ и $6,3 \text{ ‰}$), то один образец из к. г. 3 имеет значительный выброс в уровне изотопного состава азота ($\delta^{13}\text{C} = -20,8 \text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 9,2 \text{ ‰}$).

Аналогичные образцы ($n = 6$) со стоянки Усть-Хайта (к. г. 6 и 7) в Южном Приангарье, датируемые в диапазоне $\sim 8200\text{--}7900 \text{ }^{14}\text{C}$ л. н., показывают $\delta^{13}\text{C}$ от $-21,0$ до $-20,0 \text{ ‰}$ и $\delta^{15}\text{N}$ от $5,6$ до $6,7 \text{ ‰}$. Более представительная выборка ($n = 5$), включающая кроме костей косуль Усть-Хайты (к. г. 5 и 5а) еще и материалы стоянки Горелый Лес (к. г. 6) и датируемая $\sim 7200\text{--}6900 \text{ }^{14}\text{C}$ л. н., демонстрирует $\delta^{13}\text{C}$ от $-21,4$ до $-19,5 \text{ ‰}$ и $\delta^{15}\text{N}$ от $4,6$ до $6,2 \text{ ‰}$ [Holocene zooarchaeology ... , 2017].

Таким образом, у двух из трех образцов костей косули уровень соотношения стабильных изотопов углерода и азота достаточно четко сопоставим со значениями аналогичных по возрасту экземпляров со стоянок Южного Приангарья. Третий образец с «выпадающим» значением изотопного состава азота находит аналогии в материалах пребореальных горизонтов стоянки Усть-Хайта (к. г. 9), датируемых около $10\ 300\text{--}10\ 000 \text{ }^{14}\text{C}$ л. н. [Holocene zooarchaeology..., 2017]. Там остатки косули ($n = 5$) имеют показатели $\delta^{15}\text{N}$ от $8,3$ до $15,2 \text{ ‰}$.

Привлечение данных по современным животным дает менее показательный пример для сравнения. Косули современного Прибайкалья ($n = 25$) демонстрируют значения $\delta^{13}\text{C}$ от $-18,9$ до $-23,8 \text{ ‰}$ и $\delta^{15}\text{N}$ от $2,6$ до $10,6 \text{ ‰}$ [Hunter-gatherer ... , 2011]. Здесь, вероятно, выборка включает разнообразие по возрасту и сезону образцы. Таким образом, все значения археологических образцов попадают в диапазон изменчивости современных особей.

Изотопный состав остатков благородного оленя (*Cervus elaphus*) Острова Лиственичный (Пункт 2) показывает увеличение $\delta^{15}\text{N}$ ($4,5$ и $5,9 \text{ ‰}$) и уменьшение значений отношений изотопов углерода ($-17,3$ и $-20,7 \text{ ‰}$) от раннего к среднему голоцену.

Однако в материалах Южного Приангарья эта тенденция не находит подтверждения. Образцы со стоянки Усть-Хайта ($n = 6$), датируемые в диапазоне $\sim 8200\text{--}8000 \text{ }^{14}\text{C}$ л. н. (к. г. 6 и 7), показывают $\delta^{13}\text{C}$ от $-18,3$ до $-20,4 \text{ ‰}$ и $\delta^{15}\text{N}$ от $5,3$ до $9,4 \text{ ‰}$. Другой образец с той же стоянки, но датируемый уже $\sim 7,4 \text{ }^{14}\text{C}$ л. н. (к. г. 5), показывает $\delta^{13}\text{C} = -18,4 \text{ ‰}$ и $\delta^{15}\text{N} = 5,6 \text{ ‰}$ [Holocene zooarchaeology ... , 2017]. Таким образом, среднеголоценовый марал Южного Приангарья принципиально имел ту же диету, что и его раннеголоценовый предок. Более того, если принять во внимание изотопный состав у современных особей ($n = 18$), который демонстрирует значения $\delta^{13}\text{C}$ от $-19,8$ до $23,2 \text{ ‰}$ и $\delta^{15}\text{N}$ от $2,6$ до $8,5 \text{ ‰}$ [Hunter-gatherer ... , 2011], можно предположить незначительность флюктуаций в рационе благородного оленя вплоть до индустриальной эпохи.

Таким образом, уровень отношений стабильных изотопов у травоядных не показывает внятно интерпретируемых изменений от раннего к среднему голоцену. Сигнатуры изотопного состава углерода свидетельствуют о диете, состоящей из C_3 -типа растений, свойственных умеренному климату. В целом они входят в диапазон вариативности значений,

полученных для образцов из Южного Приангарья в рамках Байкальского археологического проекта. Исключением являются только данные по лосю (*Alces americanus*), однако единичность выборки с побережья Байкала оставляет вопрос сравнения диеты этого вида открытым. Утяжеленный изотопный состав азота некоторых образцов можно интерпретировать как водный и/или пищевой стресс, вызванный сезонными флуктуациями климата и/или особенностями биогеохимических циклов.

Заключение

Анализ отношений стабильных изотопов костных остатков млекопитающих раннего и среднего голоцена с местонахождения Остров Лиственичный (Пункт 2) позволяет сделать некоторые промежуточные выводы:

1. Видовой состав фауны и соотношение стабильных изотопов углерода и азота в фаунистических остатках свидетельствуют о доминировании лесного (таежного) ландшафта.

2. С учетом варибельности сигнатур, полученных в ходе БАП, имеющиеся единичные данные по Северному Приангарью не позволяют однозначно увязывать изменения в отношениях стабильных изотопов костных остатков млекопитающих раннего и среднего голоцена с палеоклиматическими трендами (потепление-похолодание, аридность-гумидность).

3. Соотношение стабильных изотопов углерода и азота для палеофауны Северного Приангарья входит в диапазон варибельности изотопных характеристик образцов аналогичной палеофауны Южного Приангарья.

4. Фиксируется кратное увеличение значения $\delta^{15}\text{N}$ в образцах ранне- и среднеголоценовых медведей (*Ursus arctos*) и лосей (*Alces americanus*) в сравнении с современными особями.

Новый этап работы по изучению сигнатур соотношения стабильных изотопов углерода и азота для животных раннего и среднего голоцена Северного Приангарья показал, в том числе, необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках госзадания № 33.2057.2017/4.6 Минобрнауки РФ; изотопные анализы выполнены в ЦКП «Аналитический центр минералого-геохимических и изотопных исследований» ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ в рамках программы фундаментальных исследований ГИН СО РАН (базовый проект IX.127.1.5, № гос. рег. АААА-А16-116121550056-9 и IX.137.1.4, № гос. рег. АААА-А17-117021310076-3)

Список литературы

- Арсланов Х. А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. 300 с.
- Горюнова О. И., Вебер А. В. Некоторые итоги Российско-канадского археологического проекта Иркутского государственного университета и университета Альберты (1997–2017 гг.) // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология. 2017. Т. 20. С. 100–119.
- Клементьев А. М., Кузнецов А. М., Роговской Е. О. Археозоологические исследования многослойного местонахождения Остров Лиственичный (Северное Приангарье) // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология. 2017. Т. 22. С. 82–101.
- Кузнецов А. М., Роговской Е. О., Таракановский С. П. Вкладышевые наконечники стрел из раннеголоценового культурного слоя стоянки Остров Лиственичный (Северное Приангарье) // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. 2017. Вып. 6. С. 207–214.
- Николаев В. И., Рысков Я. Г., Якумин П. Изотопные исследования костных останков из мест археологических раскопок (методические аспекты) // Стабильные изотопы в палеоэкологических исследованиях. М.: Ин-т географии РАН, 2006. 158 с.
- Новосельцева В. М., Соколова Н. Б. Новые данные по геохронологии голоценовых комплексов геоархеологического местонахождения Усть-Кеуль I в Северном Приангарье // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. 2012. Вып. 1. С. 137–146.
- Новые радиоуглеродные данные для неолитических комплексов многослойных местонахождений Тункинской долины и Приангарья / И. М. Бердников, Е. О. Роговской, Д. Н. Лохов, А. М. Кузнецов, С. А. Когай, Е. А. Липнина, Н. Е. Бердникова, Н. А. Савельев, Н. Б. Соколова, И. В. Уланов // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. 2017. Вып. 6. С. 220–230.
- Особенности состава изотопов углерода и азота в коллагене зубов *Equus ferus* и *Alces americanus* из археологического местонахождения Усть-Кеуль I (Северное Приангарье) / А. М. Хубанова, В. Б. Хубанов, В. М. Новосельцева, Н. Б. Соколова, А. М. Клементьев, Ф. В. Посохов // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология. 2017. Т. 21. С. 33–59.
- Святко С. В. Анализ стабильных изотопов: основы метода и обзор исследований в Сибири и Евразийской степи // Археология, этнография и антропология

- Евразии. 2016. Т. 44, № 2. С. 47–55. <https://doi.org/10.17746/1563-0110.2016.44.2.047-055>.
- Физико-химические характеристики ископаемых костных остатков млекопитающих и проблема оценки их относительного возраста. Ч. 1. Термический и масс-спектрометрический элементный анализ / Н. Г. Смирнов, С. Л. Вотяков, Н. О. Садыкова, Д. В. Киселева, Ю. В. Щапова. Екатеринбург : Гошцикий, 2009. 118 с.
- Ambrose S. H. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis // *Journal of Archaeological Science*. 1990. Vol. 17. P. 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. P. 1–38.
- Bocherens H., Drucker D. Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: Case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2003. Vol. 13, Is. 1–2. P. 46–53. <https://doi.org/10.1002/oa.662>.
- Improved collagen extraction method by modified Longin method / T. A. Brown, D. E. Nelson, J. S. Vogel, J. R. Southon. *Radiocarbon*. 1988, Vol. 30, N 2, P. 171–177.
- Katzenberg M. A., Weber A. W. Stable isotope ecology and palaeodiet in the Lake Baikal region of Siberia // *Journal of Archaeological Science*. 1999. Vol. 26. P. 651–659.
- Longin R. New method of collagen extraction for radiocarbon dating // *Nature*. 1971. Vol. 230. P. 241–242.
- Losey R. J., Nomokonova T. Holocene Zooarchaeology of Cis-Baikal. Darmstadt : German Archaeological Institute, 2017. 144 p. (Archaeology in China and East Asia : Vol. 7)
- Tieszen L. L., Fagre T. Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO₂, 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. P. 121–155.
- Weber A. W., Link D. W., Katzenberg M. A. Hunter-gatherer culture change and continuity in the Middle Holocene of the Cis-Baikal, Siberia // *Journal of Anthropological Archaeology*. 2002. Vol. 21. P. 230–299.
- 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. Bazaliskii, O. I. Gorjunova, N. A. Saveliev, M. A. Katzenberg // *Journal of Anthropological Archaeology*. 2011. Vol. 30, Is. 4. P. 523–548. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2011.06.006>.

References

- 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.
- Arslanov Kh. A. *Radiouglerod: geokhimiya i geokhronologiya [Radiocarbon: Geochemistry and Geochronology]*. Leningrad, Leningrad University Publ., 1987, 300 p. (In Russ.)
- Berdnikov I. M., Rogovskoi E. O., Lokhov D. N., Kuznetsov A. M., Kogai S. A., Lipnina E. A., Berdnikova N. E., Saveliev N. A., Sokolova N. B., Ulanov I. V. Novye radiouglerodnye dannye dlya neoliticheskikh kompleksov mnogoslainnykh mestonakhozhenii Tunkinskoi doliny i Priangariya [New Radiocarbon Data for the Neolithic Complexes of Multilayered Sites in Tunka Valley and Angara Region]. *Evraziya v kainozoe. Stratigrafiya, paleoekologiya, kul'tury [Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy, Paleoecology, Culture]*. 2017, Is. 6, pp. 220–230. (In Russ.)
- Bocherens H., Drucker D. Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: Case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology*. 2003, Vol. 13, Is. 1–2, pp. 46–53. <https://doi.org/10.1002/oa.662>.
- Brown T. A., Nelson D. E., Vogel J. S., Southon J. R. Improved collagen extraction method by modified Longin method. *Radiocarbon*. 1988, Vol. 30, Is. 2, pp. 171–177.
- Gorjunova O. I., Weber A. W. Nekotorye itogi Rossiiskokanadskogo arkhеологического проекта Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta i universiteta Alberta (1997–2017 gg.) [Some Results of the Russian-Canadian Archaeological Project of Irkutsk State University and the University of Alberta (1997–2017)]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geoarkheologiya. Etnologiya. Antropologiya [Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series]*. 2017, Vol. 20, pp. 100–119. (In Russ.)
- Katzenberg M. A., Weber A. W. Stable isotope ecology and palaeodiet in the Lake Baikal region of Siberia. *Journal of Archaeological Science*. 1999, Vol. 26, pp. 651–659.
- Khubanova A. M., Khubanov V. B., Novoseltseva V. M., Sokolova N. B., Klementiev A. M., Posokhov F. V. Osobennosti sostava izotopov ugleroda i azota v kollagene zubov *Equus ferus* i *Alces americanus* iz arkhеологического mestonakhozheniya Ust-Keul I (Severnoe Priangarie) [Features of C and N Stable Isotopes Composition in the Collagen of *Equus Ferus* and *Alces Americanus* Teeth from the Archaeological Site Ust-Keul I (Northern Angara Region)]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geoarkheologiya. Etnologiya. Antropologiya [Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series]*. 2017, Vol. 21, pp. 33–59. (In Russ.)
- Klementiev A. M., Kuznetsov A. M., Rogovskoi E. O. Arkheozoologicheskie issledovaniya mnogoslainnogo mestonakhozheniya Ostrov Listvenichnyi (Severnoe Priangarie) [Archaeozoological Studies of Multilayered Site Ostrov Listvenichnyi (Northern Angara Region)]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geoarkheologiya. Etnologiya. Antropologiya [Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series]*. 2017, Vol. 22, pp. 82–101. (In Russ.)
- Kuznetsov A. M., Rogovskoi E. O., Tarakanovskii S. P. Vkladysheve nakonechniki strel iz ranegolotsenovogo kulturnogo sloya stoyanki Ostrov Listvenichnyi (Severnoe Priangarie) [Slotted Arrowhead from Early Holocene Layer of Ostrov Listvenichnyi Site (Northern Angara Region)]. *Evraziya v kainozoe. Stratigrafiya, paleoekologiya, kul'tury [Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy, Paleoecology, Culture]*. 2017, Is. 6, pp. 207–214. (In Russ.)

- Longin R. New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature*. 1971, Vol. 230, pp. 241–242.
- Losey R. J., Nomokonova T. *Holocene Zooarchaeology of Cis-Baikal (Archaeology in China and East Asia; Vol. 7)*. Darmstadt, German Archaeological Institute, 2017, 144 p.
- Nikolaev V. I., Ryskov Ya. G., Yakumin P. Izotopnye issledovaniya kostnykh ostankov iz mest arkhеologicheskikh raspokok (metodicheskie aspekty) [A Stable Isotope Investigation of Bone Remains from Archaeological Excavations (Methodological Aspects)]. *Stabilnye izotopy v paleoekologicheskikh issledovaniyakh [Stable isotopes in palaeoecological studies]*. Moscow, Institute of Geography RAS Publ., 2006, 158 p. (In Russ.)
- Novoseltseva V. M., Sokolova N. B. Novye dannye po geokhronologii golotsenovykh kompleksov geoarkeologicheskogo mestonakhozhdeniya Ust-Keul I v Severnom Priangarie [New Geochronological Data of Holocene Complexes of Multilayer Geoarcheological Site Ust-Keul I in Northern Angara Region]. *Evrasiya v kainozoe. Stratigrafiya, paleoekologiya, kultura [Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy, Paleocology, Culture]*. 2012, Vol. 1, pp. 137–146. (In Russ.)
- Smirnov N. G., Votyakov S. L., Sadykova N. O., Kiseleva D. V., Shchapova Yu. V. *Fiziko-khimicheskie kharakteristiki iskopaemykh kostnykh ostatkov mlekopitayushchikh i problema otsenki ikh otноситelnogo vozrasta. Chast 1. Termicheskii i masspektrometricheskii elementnyi analiz [Physical and chemical characteristics of mammal fossil bone remains and the problem of their relative age estimation. Part 1. Thermal analysis and trace element mass-spectrometry]*. Ekaterinburg, Goshchitskii Publ., 2009, 118 p. (In Russ.)
- Svyatko S. V. Analiz stabilnykh izotopov: osnovy metoda i obzor issledovaniy v Sibiri i Evraziiskoi stepi [Stable Isotope Analysis: Outline of Methodology and a Review of Studies in Siberia and the Eurasian Steppe]. *Arkheologiya, Etnografiya i Antropologiya Evrazii [Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia]*. 2016, Vol. 44, Is. 2, pp. 47–55. <https://doi.org/10.17746/1563-0110.2016.44.2.047-055>. (In Russ.)
- Tieszen L. L., Fagre T. Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO₂, bone collagen, bioapatite, and soft tissues. *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.
- Weber A. W., Link D. W., Katzenberg M. A. Hunter-gatherer culture change and continuity in the Middle Holocene of the Cis-Baikal, Siberia. *Journal of Anthropological Archaeology*. 2002, Vol. 21, pp. 230–299.
- Weber A. W., White D., Bazaliskii 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 Anthropological Archaeology*. 2011, Vol. 30, Is. 4, pp. 523–548. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2011.06.006>.

Сведения об авторах

Кузнецов Алексей Михайлович

инженер-исследователь, Иркутский государственный университет; Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: golos_siberia@list.ru

Хубанова Анна Михайловна

младший научный сотрудник, Геологический институт СО РАН; Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а
e-mail: hubanova81@mail.ru

Роговской Евгений Олегович

кандидат исторических наук, научный сотрудник, Иркутский государственный университет; Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: eor127@yandex.ru

Клементьев Алексей Михайлович

кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт земной коры СО РАН; Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
e-mail: klem-al@yandex.ru

Хубанов Валентин Борисович

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Геологический институт СО РАН; Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, старший преподаватель; Бурятский государственный университет, Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а
e-mail: khubanov@mail.ru

Посохов Виктор Федорович

старший научный сотрудник, Геологический институт СО РАН; Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а
e-mail: vitaf1@yandex.ru

Information about the authors

Kuznetsov Alexei Mikhailovich

Research Engineer, Irkutsk State University; 1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian Federation
e-mail: golos_siberia@list.ru

Khubanova Anna Mikhailovna

Junior Researcher, Geological Institute SB RAS; 6a, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047, Russian Federation
e-mail: hubanova81@mail.ru

Rogovskoi Evgenii Olegovich

candidate of Sciences (History), Researcher, Irkutsk State University; 1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian Federation
e-mail: eor127@yandex.ru

Klementiev Alexei Mikhailovich

candidate of Sciences (Geography), Researcher, Institute of the Earth's Crust SB RAS; 128, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russian Federation
e-mail: klem-al@yandex.ru

Khubanov Valentin Borisovich

Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Geological Institute SB RAS; 6a, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047, Russian Federation Senior Lecturer, Buryat State University; 24a, Smolin st., Ulan-Ude, 670000, Russian Federation
e-mail: khubanov@mail.ru

Posokhov Victor Fedorovich

Senior Researcher, Geological Institute SB RAS; 6a, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047, Russian Federation
e-mail: vitaf1@yandex.ru