

Министерство науки и высшего образования  
Российской федерации Институт земной коры Сибирского отделения  
Российской академии наук

На правах рукописи



Хубанова Анна Михайловна

**БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ  
ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ –  
ГОЛОЦЕНЕ ПО ИЗОТОПНОМУ ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) СОСТАВУ КОСТНЫХ  
ТКАНЕЙ**

1.6.21 – Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-  
минералогических наук

Научный руководитель:  
кандидат геолого-минералогических наук  
Елена Ивановна Демонтерова

Иркутск - 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                   | Стр. |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                          | 5    |
| ГЛАВА 1. ПРИМЕНЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ<br>УГЛЕРОДА И АЗОТА В БИОГЕОХИМИИ         | 13   |
| 1.1. Основные понятия                                                             | 13   |
| 1.2. Краткая история развития и применения метода                                 | 16   |
| 1.3. Принципы использования отношений стабильных<br>изотопов                      | 20   |
| 1.4. Краткий обзор изотопных исследований по<br>Байкальскому региону              | 30   |
| 1.5. Резюме                                                                       | 33   |
| ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ                                                    | 36   |
| 2.1. Морфометрическое изучение                                                    | 36   |
| 2.2. Пробоподготовка для изотопного анализа                                       | 47   |
| 2.2.1. Особенности строения костной и зубной<br>тканей                            | 47   |
| 2.2.2. Выделение и очистка коллагена для<br>изотопного анализа                    | 49   |
| 2.3. Метод анализа стабильных изотопов углерода и<br>азота                        | 52   |
| 2.3.1. Процедура работы элементного<br>анализатора Flash EA 1112                  | 52   |
| 2.3.2. Устройство и принцип работы системы<br>коммутации газовых потоков ConFloIV | 53   |
| 2.3.3. Принцип работы масс-спектрометра<br>Finnigan MAT 253 и Delta V Advantage   | 55   |
| 2.3.4. Особенности расчета изотопных<br>отношений и концентраций углерода и азота | 59   |

|                                                                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4. Статистический анализ                                                                                                            | 60         |
| 2.5. Резюме                                                                                                                           | 61         |
| <b>ГЛАВА 3. СОВРЕМЕННОЕ ЛАНДШАФТНОЕ И ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ МОНГОЛИИ И ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ</b>                        | <b>63</b>  |
| 3.1. Ландшафты (экосистемы) и отбор материала                                                                                         | 63         |
| 3.2. Изотопно-геохимическое районирование                                                                                             | 70         |
| 3.2.1. Изотопный состав углерода                                                                                                      | 70         |
| 3.2.2. Изотопный состав азота                                                                                                         | 76         |
| 3.3. Резюме                                                                                                                           | 81         |
| <b>ГЛАВА 4. ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЙ ШЕРСТИСТЫЙ НОСОРОГ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: МОРФОЛОГИЯ, ИЗОТОПНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ</b> | <b>91</b>  |
| 4.1. Литолого-биостратиграфическая характеристика палеолитических комплексов Хотык и Каменка                                          | 92         |
| 4.1.1. Археологический комплекс Хотык                                                                                                 | 92         |
| 4.1.2. Археологический комплекс Каменка                                                                                               | 97         |
| 4.1.3. Спорово-пыльцевые данные о питании шерстистых носорогов                                                                        | 100        |
| 4.2. Морфометрический анализ                                                                                                          | 100        |
| 4.3. С-N изотопный анализ                                                                                                             | 110        |
| 4.3.1. Изотопный состав углерода                                                                                                      | 110        |
| 4.3.2. Изотопный состав азота                                                                                                         | 112        |
| 4.4. Резюме                                                                                                                           | 115        |
| <b>ГЛАВА 5. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ В ПЕРИОД РАННЕЙ СУБАНТЛАНТИКИ (РАННИЙ ЖЕЛЕЗНЫЙ ВЕК)</b>                | <b>138</b> |
| 5.1. Краткая историко-археологическая справка                                                                                         | 140        |
| 5.2. Объекты исследований                                                                                                             | 144        |

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.1. Характеристика могильников и поселений                                                                                          | 144 |
| 5.2.2. Таксономический состав и морфометрическая характеристика фаунистических и антропогенных костных остатков. Материал исследований | 149 |
| 5.3. С-N изотопный анализ                                                                                                              | 150 |
| 5.3.1. Реконструкция условий животноводства                                                                                            | 150 |
| 5.3.2. Реконструкция диеты хунну                                                                                                       | 154 |
| 5.3.3. Соотношение ландшафтов и аридизация                                                                                             | 157 |
| 5.4. Резюме                                                                                                                            | 160 |
| <hr/> ЗАКЛЮЧЕНИЕ                                                                                                                       | 173 |
| <hr/> СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ                                                                                                                | 176 |
| <hr/>                                                                                                                                  |     |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Выявление стадий похолодания/потепления и аридизации/увлажнения в позднем кайнозое для территорий с резкоконтинентальными условиями требует проведения комплексных исследований, поскольку традиционные палеогеографические (лито-биостратиграфические) и палеонтологические (зооархеологические) подходы имеют ряд ограничений. В первую очередь это связано с недостатком опорных разрезов с высокой биостратиграфической детальностью и временным разрешением, а также с низкой чувствительностью видового состава тафоценозов к относительно краткосрочным (сотни и первые тысячи лет) изменениям окружающей среды в позднем кайнозое. Следует отметить, что в последнее время значительный вклад в расшифровку внутриконтинентальной климатической летописи внесли палинологические исследования осадочных разрезов крупных водоемов (например, озера Байкал и Хубсугул) и болотно-озерных отложений Приангарья. Однако для территории Западного Забайкалья подобные работы остаются довольно редкими и локальными.

Одним из подходов для расширения информативности и содержательности палеонтологического и лито-биостратиграфического материала, является привлечение изотопно-биогеохимического метода изучения современных и ископаемых костных, зубных и роговых тканей животных и человека. Исследование изотопного состава растительоядных животных позволяет реконструировать условия питания, доступность воды, степень истощенности пастбищ, соотношение в рационе растений с различными типами фотосинтеза (C3 и C4), ландшафтные обстановки их выпаса (сухая степь, степь, лесостепь-лес). Комплексный анализ видового разнообразия и изотопного состава разновозрастных тафоценозов, а также их сравнение с современными биоценозами даст основание для оценки разнообразия и соотношения экосистем природной среды Западного Забайкалья в прошлом, а также динамики их изменений (например, расширение ареалов

открытых ландшафтов при аридизации, наступление лесов при увлажнении климата).

В этом контексте идентификация особенностей диеты современных травоядных животных, обитавших в различных ландшафтных условиях, по их изотопному составу представляется важной задачей. Комплексное изучение морфологии, видового состава фаунистического и антропогенного материала из различных разновозрастных разрезов, а также сопоставление их изотопного состава с современной фауной позволит, на качественно более высоком уровне достоверности, охарактеризовать условия окружающей среды в прошлом. Такой актуалистический подход дает возможность количественно оценить динамику изменчивости или стабильности природной среды Западного Забайкалья на протяжении позднего кайнозоя, в том числе рассмотреть полученные данные в контексте стратегии адаптации и жизнедеятельности человека.

### **Цель исследований:**

Реконструкция условий обитания фауны и человека Западного Забайкалья в позднем плейстоцене и позднем голоцене на основе районирования современных экосистем с помощью стабильных изотопов углерода и азота

### **Задачи:**

1. Разработать методы пробоподготовки и измерения изотопного состава углерода и азота в костном и зубном материалах
2. Отобрать современный костный и зубной материал
3. Охарактеризовать палеонтологический, зооархеологический и антропологический материал с помощью морфометрического метода для изучения его видового состава
4. Определить изотопно-биогеохимические ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) характеристики в современных травоядных животных, имеющих выпас в различных ландшафтных обстановках Монголии и Западного Забайкалья;

5. Определить С-N изотопный состав в костных и зубных остатках из разновозрастных тафоценозов Западного Забайкалья

6. Провести реконструкцию экосистем Западного Забайкалья в прошлом на основе сопоставления изотопных характеристик палеонтологического, зооархеологического и антропологического материала с изотопным составом животных современных ландшафтных зон

**Личный вклад и фактический материал.** Исследования были начаты в Геологическом институте им. Н.Л. Добрецова СО РАН (г. Улан-Удэ) и завершены в Институте земной коры СО РАН (г. Иркутск). Основой работы послужили образцы палеонтологического, зооархеологического и антропологического материала, отобранного и описанного автором в ходе полевых работ 2015-2020 гг. Исследуемый материал из позднеплейстоценовых и позднеголоценовых разрезов Западного Забайкалья получен автором при полевых исследованиях и дополнен из коллекций ИМБТ СО РАН и Музея БНЦ СО РАН. Автором выполнено идентификация и морфометрическое описание костных остатков, а также последующие изотопные исследования. В данной работе изотопный состав углерода и азота получен в 164 образцах костных и зубных тканей современной (85 образцов) и ископаемой фауны (70 образцов), а также антропологического материала (9 образцов). Автором адаптирована и реализована методика выделения и очистки коллагена из костных и зубных тканей для изотопного анализа. Определения отношений стабильных изотопов проводились на элементном анализаторе Flash EA 1112 («Thermo Finnigan», Германия) в линии с изотопными масс-спектрометрами Thermo Finnigan MAT 253 (аналитик Посохов В.Ф., ЦКП «Геоспектр» Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ) (Канакин и др., 2022) и Delta V Advantage (аналитик Смолева И.В., ЦКП «Геонаука», Институт геологии им. Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар).

**Научная новизна.**

1. Впервые показаны изотопно-геохимические различия между растительными животными, обитающими в условиях пустынных-полупустынных, степных, лесостепных-лесных экосистем Монголии и Западного Забайкалья.

2. Впервые проведена дифференциация ландшафтов по изотопному составу углерода травоядных животных, проживающих на территории Монголии и Западного Забайкалья.

3. Выявлено, что изотопный состав азота у животных исследуемого региона в значительной степени контролируется дефицитом или доступностью водных и пищевых ресурсов и в меньшей степени зависит от ландшафтных условий обитания.

4. Результаты морфометрического анализа и изотопного состава (углерода и азота) костных остатков показали, что Забайкальские позднеплейстоценовые шерстистые носороги обитали в условиях степи вблизи пресноводных водоемов.

5. Определены условия питания и особенности жизнедеятельности древних кочевников раннего железного века (первое тысячелетие до нашей эры) Западного Забайкалья. Доказан смешанный рацион питания древних кочевников, состоящий из мясо-молочных продуктов, рыбы, проса, возможно, пшеницы и ячменя.

6. Уточнены представления о хозяйственной деятельности древних кочевников, которая, помимо скотоводства, также включала элементы сельского хозяйства и рыболовства.

**Практическая значимость.** Полученные результаты исследований могут быть использованы для прогнозирования климатических и экологических изменений в среднесрочной и долгосрочной перспективе для Монголо-Забайкальского региона, и Центральной Азии в целом. Кроме того, полученные в работе данные имеют важное значение для исследования условий обитаний древнего человека, стратегий его адаптации к изменениям окружающей среды,



а также для изучения возникновения ранних антропогенных ландшафтов. Материалы данного исследования могут быть использованы в образовательном процессе при чтении лекций по дисциплинам наук о Земле и Жизни.

### **Защищаемые положения:**

#### **Первое защищаемое положение.**

Изотопный состав углерода растительных животных отражает тип потребляемой ими растительности, что позволяет выявить изотопно-геохимические различия между пустынными, полупустынными, степными, лесостепными и лесными экосистема Монголии и Забайкалья. Изотопный состав азота у животных контролируется дефицитом или доступностью водных и пищевых ресурсов и в меньшей степени зависит от ландшафтной обстановки изучаемого региона.

**Второе защищаемое положение.** Изотопный состав углерода шерстистых носорогов (*Coelodonta antiquitatis*) из палеолитических комплексов Хотык и Каменка свидетельствует о рационе, основанном на степной растительности. Морфометрический анализ костей и облегченный изотопный состав азота указывает на отсутствие водного и пищевого стресса, а также на близость к пресноводным водоемам.

**Третье защищаемое положение.** Изотопный состав углерода и азота в антропологическом материале представителей хунну свидетельствует о смешанном рационе питания древних кочевников, состоящем из животной продукции, рыбы и зерновых, что указывает на развитое скотоводство, земледелие и рыболовство.

**Апробация работы.** По теме диссертации подготовлено и опубликовано 27 печатных работ, из них 8 статей в рецензируемых журналах из списка ВАК, Scopus и WoS, 19 тезисов конференции. Основные положения диссертации докладывались на: Байкальской молодежной научной конференции по геологии и геофизике (ГИН СО РАН, Улан-Удэ, 2015; 2017; 2019); международной научной конференции молодых ученых «Актуальная археология 3. Новые

интерпретации археологических данных (ИИМК РАН, Санкт Петербург, 2016); международной конференции «Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры» (ИГУ, Иркутск, 2016; 2017; 2018); LVI Российской (с международным участием) археолого-этнографической конференции студентов и молодых ученых (РАЭСК-56) (ЗабГУ, Чита, 2016); всероссийской школе-конференции молодых ученых с международным участием «Биогенные архивы ландшафтных изменений прошлого» (ИПА СО РАН, Новосибирск, 2016); the 8th International Siberian Early Career GeoScientists Conference: Proceedings of the Conference (IGM SB RAS, IPPG SB RAS, Novosibirsk, 2016); V (XXI) всероссийском археологическом съезде (ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Барнаул, 2017); V всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН «Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии» (ГИН СО РАН, Улан-Удэ, 2018); IX международная научная конференция «Древние культуры Монголии, Байкальской Сибири и Северного Китая (ИМБТ СО РАН, Улан-Удэ, 2018); II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Интеграция музеев Сибири в региональное социокультурное пространство и мировое музейное сообщество: Наука. Наследие. Общество» (БНЦ СО РАН, Улан-Удэ, 2019); международной научно-практической конференции, посвященной памяти чл.-корр. РАН А.Н. Антипова «Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования» (ИГ СО РАН, Иркутск, 2019); IV международном конгрессе археологии евразийских степей «Кочевые империи Евразии в свете археологических и междисциплинарных исследований» (ИМБТ СО РАН, Улан-Удэ, 2019); всероссийской конференции с международным участием «Динамика и взаимодействие геосфер земли» (ТГУ, Томск, 2021); всероссийской конференции (с участием зарубежных ученых), посвящённой 65-летию Института геохимии им. А.П. Виноградова и 105-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона (ИГХ СО РАН, Иркутск, 2022);

международной конференции «Поющие стрелы Маодуня: хунну от неизвестности до империи» (ИММК РАН, Санкт Петербург, 2023); в XVIII Геологическом съезде Республики Коми «Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России» (ФИЦ КОМИ НЦ УрО РАН, Сыктывкар, 2024), всероссийском семинаре «Стабильные изотопы в археологических исследованиях: методические проблемы и историческая проблематика» (ИА РАН, Москва, 2025), заседании стратиграфического коллоквиума (ГИН РАН, Москва, 2025).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, списка литературы. Общий объем 214 страниц, включая 39 рисунков и 24 таблицы. Список литературы насчитывает 308 наименований.

Благодарности. Настоящая работа выполнена под научным руководством Е.И. Демонтеровой, которой автор выражает искреннюю признательность за помощь, содействие и совместный поиск путей решения в организации условий работы, интерпретации и апробации полученных результатов.

Автор благодарен сотрудникам лаборатории геохронологии и геохимии окружающей среды, лаборатории инструментальных методов анализа ГИН СО РАН и лаборатории трекового анализа и изотопной геохронологии ИФЗ РАН за консультации и поддержку.

Особую признательность автор выражает коллегам археологам и музейным хранителям из ИМБТ СО РАН и БНЦ СО РАН, предоставившие палеонтологические, зооархеологические и антропологические материалы: директору Института истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН, академику РАН, Н.Н. Крадину; научному сотруднику и руководителю лаборатории археологии, этнологии и антропологии ИМБТ СО РАН Б.А. Базарову; научному сотруднику лаборатории археологии, этнологии и антропологии ИМБТ СО РАН, к.и.н. Д.А. Мягашеву; к. культурологии, доценту хранителю фондов Музея «Бурятский научный центр СО РАН» А.Е. Мурзинцевой. Автор искренне признателен коллегам, чья помощь

способствовала выполнению данного исследования и особо благодарит своего коллегу и супруга В.Б. Хубанова за поддержку и содействие.

Исследования проведены в рамках выполнения проектов научно-исследовательских работ по государственному заданию и гранта РФФИ № 23-28-01348.

# ГЛАВА 1. ПРИМЕНЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА И АЗОТА В БИОГЕОХИМИИ

## 1.1. Основные понятия

Применение стабильных изотопов углерода и азота получило широкое распространение в исследованиях метаболизма различных организмов, эволюции экосистем, а также условий образования биохеомогенных и хеомогенных осадочных пород, включая каустобиолиты (*горючие ископаемые органического происхождения*), и изотопной стратиграфии. Этот метод оказался востребованным для выявления и палеореконструкции основных пищевых ресурсов, в том числе трофических связей, а также условий обитания (экосистемные и климатические характеристики) организмов. В частности, этот подход существенно расширил научную информативность ископаемой флоры и фауны, характеризующие определенные временные периоды.

Изотопами называют разновидности атомов химического элемента имеющих одинаковое количество протонов и электронов, но отличающихся значениями массы ядра из-за различного числа нейтронов. Изотопы делятся на два основных класса стабильные и нестабильные (радиоактивные) нуклиды. Нуклиды (*атомное ядро с определённым числом протонов  $Z$  и нейтронов  $N$* ) стабильных изотопов характеризуются устойчивостью ядерной конфигурации, тогда как нуклиды радиоактивных элементов самопроизвольно распадаются до достижения стабильной конфигурации.

Основное преимущество использования стабильных изотопов заключается в том, что даже незначительные различия в концентрациях изотопов (изотопное фракционирование) в неорганических и органических объектах могут представить значительный объем информации о геохимических и биохимических процессах. Вариации изотопного состава (соотношение изотопов) отражают различие в химико-кинетическом поведении изотопов при

формировании неорганических и органических соединений. При этом молекулы с легким изотопом обладают более реакционной способностью, чем аналогичные молекулы с тяжелым изотопом [Фор, 1989]. Это обусловлено тем, что тяжелые нуклиды колеблются медленнее, чем легкие, а энергия связей в молекулах с тяжелыми изотопами ниже, что делает их стабильными. Напротив, соединения с легкими изотопами, разрываются и образуются быстрее, особенно в процессах переноса. Зная величину изотопного фракционирования в определенных реакциях и биогенных процессах, а также учитывая влияние окружающей среды, можно по изотопному составу ископаемого вещества восстановить тип синтеза или условия его генерации в прошлом.

Углерод, кислород и азот, наряду с водородом и серой, относятся к пяти элементам жизни, поскольку они участвуют не только в строении живых организмов, но и во всех биологических процессах [Галимов, 1968]. В таблице 1.1 представлена распространенность изотопов этих элементов. В углеродной изотопной системе используется отношения стабильных изотопов  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , для азотной –  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ . Интерпретация геохимическая и биогеохимическая данных опирается на разность абсолютных значений изотопных отношений между веществами. Поэтому для характеристики содержания изотопов используется величина  $\delta$  (дельта) – относительной разности изотопных отношений образца и эталона. Поскольку природная распространенность тяжелых изотопов очень низкая (таблица 1.1), относительная разность изотопных отношений оказывается очень малой, поэтому её принято умножать на тысячу и выражать в промилле (‰). Расчет дельты ( $\delta$ ) изотопных отношений производят по следующим формулам:

для изотопов углерода

$$\delta^{13}\text{C} = 10^3 * (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{образец}} - ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{стандарт}}) / ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{стандарт}}$$

для изотопов азота

$$\delta^{15}\text{N} = 10^3 * (^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{образец}} - ^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{стандарт}}) / ^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{стандарт}}$$

Таблица 1.1 – Относительная распространенность стабильных изотопов в природных объектах [по данным Фор, 1989]

| Элемент             | Изотоп          | Относительная распространенность, % |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Водород<br>Дейтерий | $^1\text{H}$    | 99.99                               |
|                     | $^2\text{H}$    | 0.01                                |
| Углерод             | $^{12}\text{C}$ | 98.89                               |
|                     | $^{13}\text{C}$ | 1.11                                |
| Кислород            | $^{16}\text{O}$ | 99.63                               |
|                     | $^{17}\text{O}$ | 0.04                                |
|                     | $^{18}\text{O}$ | 0.20                                |
| Азот                | $^{14}\text{N}$ | 99.64                               |
|                     | $^{15}\text{N}$ | 0.36                                |
| Сера                | $^{32}\text{S}$ | 95.02                               |
|                     | $^{33}\text{S}$ | 0.75                                |
|                     | $^{34}\text{S}$ | 4.21                                |
|                     | $^{36}\text{S}$ | 0.02                                |

В качестве стандартов, с которыми сопоставляют изучаемые образцы, приняты изотопные отношения международных эталонов: для изотопов углерода – изотопный состав карбоната (белемнит) Рее Деа формации (PDB) ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C} = 0,0112372$ ) или его «венского» эквивалента (VPDB); для изотопов азота – состав атмосферного воздуха ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N} = 0,0036634$ ).

Таким образом, если изотопный состав образца легче стандарта, то значение  $\delta$  (например,  $\delta^{13}\text{C}$ ) будет отрицательным, а если образец идентичен стандартному образцу, значение  $\delta$  будет равно нулю. Если же изотопный состав образца тяжелее стандарта, значение  $\delta$  будет положительным. Следовательно, если значения  $\delta$  образца положительные, то изотопный состав образца является

утяжеленным. И наоборот, когда значения  $\delta$  образца отрицательные, то изотопный состав образца – облегченный.

Следует отметить, что карбонат PDB более обогащен  $^{13}\text{C}$ , чем большинство биогенных материалов, поэтому значения  $\delta^{13}\text{C}$  для костного коллагена будут отрицательными. Например, образец со значением  $\delta^{13}\text{C} = -20\text{‰}$  означает, что образец содержит 20 частей на тысячу (2%) меньше тяжелого изотопа углерода, чем  $^{13}\text{C}$  в PDB. В связи с тем, что атмосферный воздух обогащен  $^{15}\text{N}$  меньше, чем большинство биогенных материалов, следовательно, значения  $\delta^{15}\text{N}$  в костном коллагене будут положительными. Т.е. образец со значением  $\delta^{15}\text{N} = 20\text{‰}$  означает, что образец содержит 20 частей на тысячу (2%) больше тяжелого изотопа азота, чем  $^{15}\text{N}$  в атмосферном воздухе [Price et al., 1985].

## 1.2. Краткая история развития и применения метода

История изучения стабильных изотопов углерода начинается с 1939 года, когда А. Нир и Э. Гульбрансен впервые измерили вариации их относительных пропорций. В 1953 году Х. Крейг исследовал общее распределение изотопов углерода в природе [Nier, Gulbransen, 1939; Craig, 1953; Tykot, 2006]. В этих исследованиях было показано, что углерод живых организмов обеднен тяжелым изотопом  $^{13}\text{C}$  относительно изотопного состава углерода в атмосфере. В 50-70-х гг. прошлого века М. Кальвин и А.-А. Бенсон (1948), С. Рэнсом и М. Томас (1960), Ю.С. Карпилов (1960), а также М. Хэтч и К. Слэк (1966), открыли три основных типа фотосинтеза у растений (фиксации углерода из атмосферного  $\text{CO}_2$ ): C3, C4, и кислотный метаболизм толстянковых (CAM) [Tykot, 2006; Смашевский, 2014].

Растения с различным типом фотосинтеза отличаются друг от друга по изотопному составу углерода. Растения C3, имеют легкий изотопный состав (среднее  $\delta^{13}\text{C} \sim -27\text{‰}$ ). Растения C4 (например, кукуруза, сахарный тростник,



просо, сорго и некоторые виды амаранта) характеризуются более высокими значениями (среднее  $\delta^{13}\text{C} \sim -13\text{‰}$ , рисунок 1.1). Растения САМ занимают промежуточное положение [Smith, Epstein, 1971].

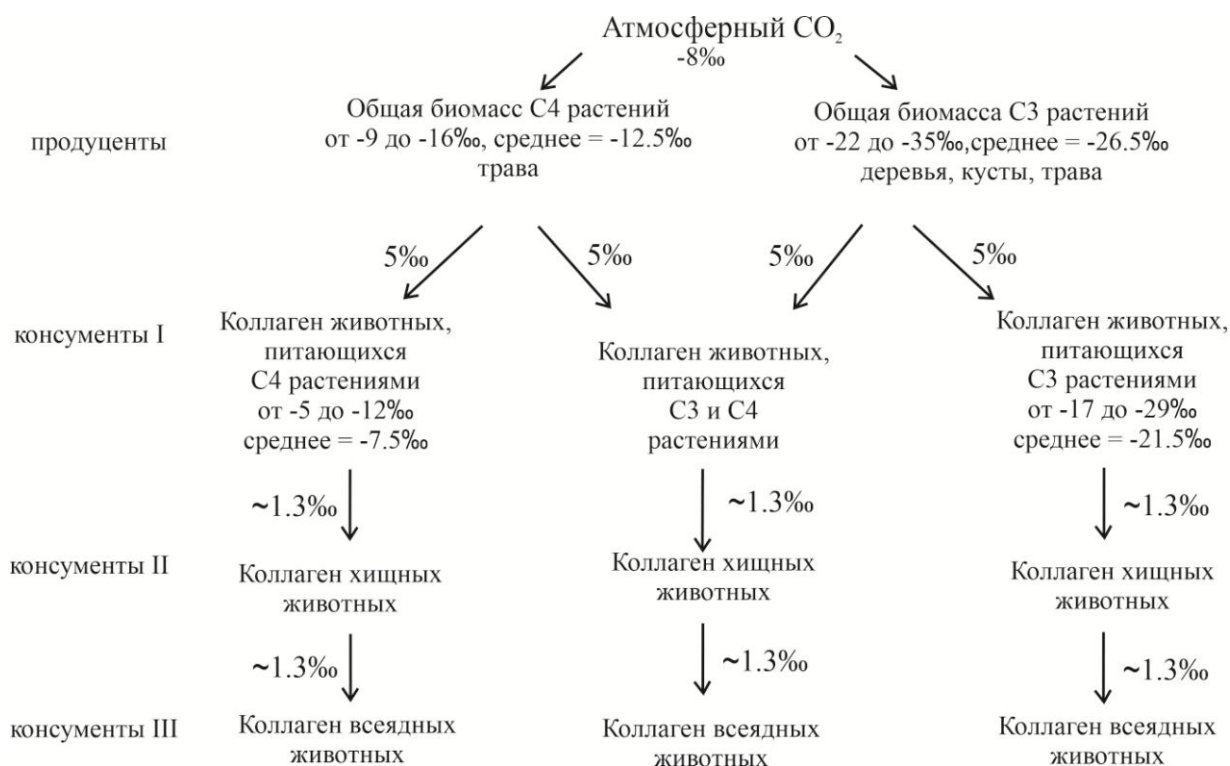


Рисунок 1.1 – Блок-схема значений  $\delta^{13}\text{C}$  в растениях и животных [по данным van der Merwe, 1992; Tykot, 2006]

Важный вклад внес академик Э.М. Галимов, который исследовал особенности распределения изотопов углерода в природных объектах и связанных с ними перспективами их применения для решения геохимических и геологических задач. В его исследованиях, касающихся биологического фракционирования изотопов углерода, показано что, биологическое изотопное фракционирование зависит не только от изотопной разницы между организмом и средой, но и от различия изотопного состава в микробиосистемах самого организма [Галимов, 1981]. Э.М. Галимов разработал метод оценки термодинамических изотопных факторов биомолекул и сформулировал концепцию термодинамического упорядоченного распределения изотопов в

биологических системах. То есть существует зависимость между изотопным составом биомолекул и величиной их так называемого термодинамического изотопного фактора (*B*-фактор). Физический смысл *B*-фактора состоит в том, что если изменить атом в каком-либо соединении на его изотоп, например, изотоп  $^{12}\text{C}$  на  $^{13}\text{C}$ , то свободная энергия поменяется. Для разных соединений это изменение имеет различную величину, мерой которой служит *B* – фактор. Изотопные отношения биомолекул распределены пропорционально их *B* – факторам: чем больше величина *B* – фактора, тем выше содержание тяжелого изотопа в соответствующем соединении [Галимов, 1981].

Идея об использовании стабильных изотопов для реконструкции диеты принадлежит Р.Л. Паркеру [Parker, 1964]. Впервые реконструкции рациона питания древних людей по соотношению изотопов углерода описана в работе Н. Ван дер Мерве и Д. Фогеля в 1971 г [van der Merwe, 1982]. Они проанализировали изотопный состав углерода в костном коллагене человека из захоронения Кхои эпохи железного века (Южная Африка). Полученный результат ( $\delta^{13}\text{C} = -10.4\text{‰}$ ) позволил исследователям предположить, что рацион питания древнего человека состоял в основном из растений с  $\text{C}_4$  типом фотосинтеза, а именно из сорго [Tykot, 2006]. В последующие годы было проведено несколько исследований, посвященных определению временного периода начала культивирования кукурузы при древнейшем земледелии в Южной и Северной Америках [Vogel, van der Merwe, 1977; van der Merwe, Vogel, 1978; DeNiro, Epstein, 1981].

В начале 1980-х годов начал применяться анализ стабильных изотопов азота ( $\delta^{15}\text{N}$ ) [DeNiro, Epstein 1981; Schwarcz et al., 1985; Farnsworth et al., 1985; Sealy et al., 1987]. Например, в работе М. Дж. Де Ниро и С. Эпштейн в 1981г использовали метод для оценки доли бобовых в палеодиете [DeNiro, Epstein 1981]. К концу двадцатого века были выявлены основные закономерности и факторы, контролирующие значения соотношений изотопов азота. Например, обозначены чуткость отношений изотопов азота к таким эффектам, как

трофический уровень (рисунок 1.2), соотношение морских и наземных компонентов в рационе питания, доступность водных ресурсов, а также влияние климата и окружающей среды [Bocherens, Drucker, 2003].

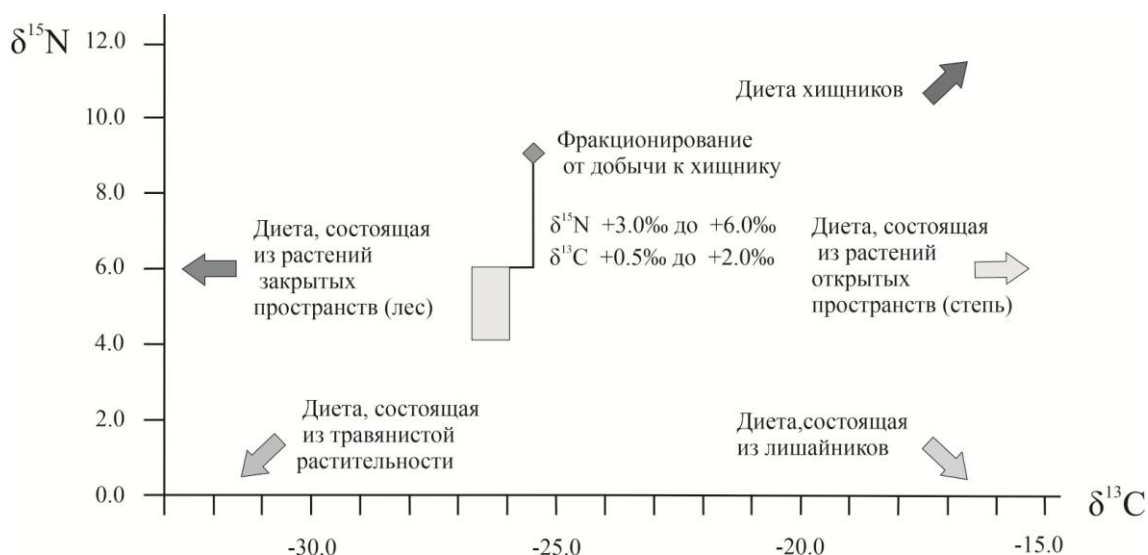


Рисунок 1.2 – Соотношение стабильных изотопов углерода и азота у животных [по данным Bocherens, Drucker, 2003; O’Connell et al., 2012; Krajcarz, 2016]

Среди российских ученых, исследования по реконструкции диет и условий обитания животных и людей на основе изучения стабильных изотопов получили популярность только в начале XXI века [например, Добровольская, 2006; Николаев и др., 2006; Рысков, 2009; Энговатова и др., 2013; Яворская и др., 2015; Марченко и др., 2016; Крылович и др., 2020; Кузьмин и др., 2021 Kuzmin, Shpansky, 2023]. Основные российские научные группы занимающиеся исследованием условий жизнедеятельности людей в прошлом с помощью анализа стабильных изотопов – это археологи, палеонтологи и геохимики Новосибирской школы, объединяющая ИАЭТ СО РАН, НГУ, ИГМ СО РАН; исследователи из Санкт-Петербурга (ИИМК РАН; ЗИ РАН); Москвы (ИА РАН, ИПЭЭ РАН); с появлением доступности изотопных методов (ГИН СО РАН, ДВГИ ДВО РАН) к ним примкнули сотрудники ИМБТ СО РАН и ИИАЭ ДВО РАН. Среди зарубежных исследователей широкую известность получили работы Е.М. Murphy и С.В. Святко (Объединённое королевство Британии),

A.W. Weber (Канада), A. Ventresca-Miller (Германия). Изотопные палеогеографические и палеоэкологические исследования, в том числе по Центральной Азии, ведутся во многих научно-исследовательских организациях: в ИГМ СО РАН (Я.В. Кузьмин), ИГ РАН (В.И. Николаев), ЗИ РАН (Г.Ф. Барышников), ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (В.И. Силаев); Тюбингенский университет, Германия (Herve Bocherens, Dorothee G. Drucker); Лейденский университет, Нидерланды (А.Л. Ватерс-Рист); Университет Британской Колумбии Оканеган, Канада (Т. Ю. Номоконова); Оксфордский университет, Англия (Karen L. Privat, Tamsin C. O'Connell); Токійский университет, Япония (Т. Tsutaya ); Польская академия наук, Польша (М.Krajcarz ) и др.

### **1.3. Принципы использования отношений стабильных изотопов**

Метод базируется на том, что при метаболизме в организм поступают разнообразные вещества из внешней среды, некоторые из них представляют собой «химические» маркеры источников вещества и/или процессов их внутренней переработки. Одними из таких реперов, являются стабильные изотопы. В биогеохимии при изучении погребенного материала используют стабильные изотопы именно углерода и азота в органических остатках, поскольку эти элементы составляют основу органических тканей, и отношения их изотопов несут информацию о рационе питания организма, в том числе и о среде происхождения пищи [Lambert, 1997].

#### *1.3.1. Изотопы углерода*

Углерод имеет два стабильных изотопа с атомной массой двенадцать ( $^{12}\text{C}$ , легкий нуклид) и тринадцать ( $^{13}\text{C}$ , тяжелый нуклид). Изотоп  $^{12}\text{C}$  имеет шесть протонов и шесть нейтронов; и  $^{13}\text{C}$  – шесть протонов и семь нейтронов. Изотоп  $^{12}\text{C}$  в природе встречается на 99% больше, чем изотоп  $^{13}\text{C}$  (таблица 1.1).

Углерод, попадающий в растения во время фотосинтеза, значительно облегчен, т.е. обогащен нуклидом  $^{12}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C} \sim$  от -33 до -9‰), относительно

углекислого газа атмосферы ( $\delta^{13}\text{C} \sim -8\text{‰}$ ), т.е. при поглощении растениями  $\text{CO}_2$  происходит изотопное фракционирование нуклидов углерода. Поскольку молекула углекислого газа достаточно устойчивое соединение, то в процессе фотосинтеза молекулы с легким изотопом углерода легче входят в реакцию с водородом для образования углеводов, поэтому растения относительно обеднены тяжелым изотопом углерода  $^{13}\text{C}$ .

Существуют несколько типов фотосинтетической ассимиляции углерода растениями; первая из них включает в себя такие растения как деревья, древесные кустарники и большинство трав из умеренной среды. Эти растения упоминаются как растения с  $\text{C}_3$  типом фотосинтеза по циклу Кальвина [Bocherens, 2003]. Первичным продуктом ассимиляции углерода у таких растений является фосфоглицериновая кислота ( $\text{CH}_2\text{O(P)}\text{-CHON-COOH}$ ). В ее молекуле содержится 3 атома углерода. К растениям с  $\text{C}_3$  типом фотосинтеза также относятся пшеница, ячмень, лен, рис, бобы, клубни, орехи, и большинство фруктов и овощей. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  растений с  $\text{C}_3$  типом фотосинтеза находятся в диапазоне от  $-33.0\text{‰}$  до  $-22.0\text{‰}$  [DeNiro, Epstein, 1978].

Ко второй группе растений относятся в основном травы, произрастающие в засушливых местообитаниях, с повышенными температурами, засолением и дефицитом  $\text{CO}_2$ . В растениях с  $\text{C}_4$  типом фотосинтеза по циклу Хэтча–Слэка–Карпилова в первичном продукте, оксалоацетате (щавелевоуксусная кислота  $\text{HO}_2\text{C-C(O)-CH}_2\text{-CO}_2\text{H}$ ), содержится 4 атома углерода. Этот цикл обеспечивает более полное усвоение углерода, поэтому относительно воздушной среды эффект фракционирования минимален. К  $\text{C}_4$ -растениям относятся кукурузу, сорго, некоторые виды просо, сахарный тростник и тропические травы и их значения варьируют от  $-16.0\text{‰}$  до  $-9.0\text{‰}$  [DeNiro, Epstein, 1978; Lee-Thorp et al., 1989]. Более эффективная фиксация углерода внутри растения позволяет им реже открывать устья для уменьшения потери воды при газообмене и транспирации в условиях сухого и/или жаркого климата.

Третья группа растений включает в себя суккуленты (кактусы), и упоминается как САМ (Crassulacean Acid Metabolism). Растения с САМ типом фотосинтеза сочетают в себе черты С3- и С4-типов и имеют промежуточные значения  $\delta^{13}\text{C}$ . Как правило ночью, и во влажный сезон, САМ растения открывают устьица для поглощения углекислоты, а днем закрывают для сохранения воды. В условиях засухи у них уровень изотопного фракционирования – пониженный, а во влажные сезоны – повышенный. Поскольку известно, что растения САМ доминируют только в ксерических местообитаниях, они, как правило, не учитываются при реконструкции палеодиеты животных умеренных или субтропических палеосредах [Dawson, 2002].

Помимо основных групп, существуют растения, не относящиеся к перечисленным категориям, мхи и лишайники. Мхи, являются несосудистыми растениями и используют С3 путь фотосинтеза, но отличаются от сосудистых растений тем, что они испытывают недостаток в устьицах на гаметофитах, а доступность  $\text{CO}_2$  часто контролируется толщиной водяных пленок на поверхности листьев [Rice, 2000]. Лишайники сложные организмы, состоящие из двух частей: микобионт (грибы) и фотобионт или фикобионт (водоросли). Изотопный состав углерода лишайников во многом определяется, какой тип фотобионта участвует в симбиозе. Лишайники с зелеными водорослями в качестве фотобионта проявляют широкий спектр изотопных композиций  $\delta^{13}\text{C}$  (от -35 до -17‰), в то время как лишайники с цианобактериями, в качестве фотобионта, имеют тенденцию иметь более высокий и более ограниченный диапазон  $\delta^{13}\text{C}$  (от -23.0 до -14.0 ‰) [Lee et. al., 2009; Huiskes et. al., 2006; Lange et. al., 1988; Maguas et. al., 1995].

Таким образом, из-за разницы в соотношениях  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  между двумя путями фотосинтеза можно исследовать их потребление С3 или С4 растений при реконструкциях палеодиет у травоядных животных. Этот метод также применяется для изучения разницы в потреблении растений с С3 и С4

фотосинтеза древними людьми при переходе от охотничьего хозяйства к земледелию. Поскольку, переход к сельскому хозяйству часто ассоциируется с увеличением потребления кукурузы или просо – C4 растений и, следовательно, снижением зависимости от C3 растений.

Следует отметить, что помимо переменны углеродной фиксации (типа фотосинтеза), ряд факторов окружающей среды также влияют на изотопный состав углерода в растительных тканях. Например, низкорослые растения под густым лесным покровом имеют тенденцию демонстрировать более низкие значения  $\delta^{13}\text{C}$  по сравнению с пологом растений и растений, растущих в более открытых ландшафтах. Это связано с замедлением фотосинтеза из-за недостатка света. Активные процессы обмена углерода происходят в верхних ветках больших деревьев, и медленнее внизу на затененных территориях. Это так называемый «эффект купола», который связан с относительно  $^{13}\text{C}$ -обедненным  $\text{CO}_2$  в подлеске из-за повторной ассимиляции выдыхаемого  $\text{CO}_2$  и низкой освещенности [Bocherens, 2003]. Степень облегчения изотопного состава растений из-за «эффекта купола» обычно составляет от 2.0 до 5.0 ‰ [Heaton, 1999]. Этот эффект оказывает существенное влияние на  $\delta^{13}\text{C}$  тканей потребителей и, таким образом, отражает ландшафт мест обитания (закрытый – лесной или открытый – степной).

Освещение также влияет на значения  $\delta^{13}\text{C}$ , причем более высокая освещенность приводит к повышенным изотопным отношениям углерода в растительности. То есть, при наличии достаточной освещенности в процессе фотосинтеза уровень  $\text{CO}_2$  снижается, при низкой освещенности – повышается. Температура также влияет на изотопный состав углерода в растениях. Например, в условиях низких температур проходят процессы торможения фотосинтеза, которые, как и засушливые условия, приводят к обогащению тканей растений  $^{13}\text{C}$ .

Высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$  в растениях могут быть связаны с водным и солевым стрессами, приводящим к меньшему изотопному фракционированию

углерода в C3 растениях, значения  $\delta^{13}\text{C}$  которых будут достигать до -20 ‰ [Bocherens, 2003]. Нехватка воды и засоление почв приводит к повышенному закрытию устьиц в листьях и, следовательно, к снижению дискриминации  $^{13}\text{C}$  во время фотосинтеза, что и ведет к повышению значений  $\delta^{13}\text{C}$ .

Высотность произрастания растений также влияет на их изотопный состав углерода. Как правило, значения  $\delta^{13}\text{C}$  в листьях увеличивается с увеличением высотности. Это может быть связано с высокой эффективностью реакции карбоксилирования для растений, растущих на больших высотах, приводящее к снижению дискриминации по отношению к  $^{13}\text{C}$  [Szpak et al., 2013]. Однако с увеличением высоты значения  $\delta^{13}\text{C}$  в растениях не менялось или даже уменьшалось в регионах с аридным или полуаридным климатом [Chen et al., 2017].

Помимо этого, изотопный состав атмосферного  $\text{CO}_2$  менялся на протяжении последних столетий. За последние 150 лет произошло сильное антропогенное снижение значения  $\delta^{13}\text{C}$  в углекислом газе атмосферы (эффект Зюсса) за счет выброса промышленностью  $\text{CO}_2$  при сжигании углеводородных полезных ископаемых [Suess, 1955; Keeling, 1979; Keeling et al., 2005; Vaughn et al., 2010; Graven et al., 2017; 2020]. Мониторинг показывает, что обогащение легким изотопом наблюдается с конца XVII - начала XIX вв. При этом последнюю половину XX и первого десятилетия XXI вв этот процесс стал усиленным [Keeling, 1979; Allison et al., 2007; Graven et al., 2017; 2020]. В настоящий момент, согласно эмпирическим данным, для корректного сравнения значений изотопного состава углерода зооархеологического/палеонтологического материала со значениями современной фауны и флоры, к данным  $\delta^{13}\text{C}$  последних нужно прибавить 1.5‰ [Murphy, 2013; Graven et al., 2017; 2020; Keeling et al., 2005]. У травоядных животных  $\delta^{13}\text{C}$  отражает кормовую базу и ландшафтные условия их обитания, тогда как изотопный состав азота в значительной степени контролируется доступностью воды и пищи [Khubanova et al., 2023].



При миграции углерода и азота в системе продуцент–консумент–редуцент с каждым трофическим уровнем происходит изотопное фракционирование. Так,  $\delta^{13}\text{C}$  в коллагене костей травоядных животных выше на 4-5‰ чем в их растительной пище [Bocherens, 2003]. Животные потребляющие растения с С3-типом фотосинтеза будут иметь значения  $\delta^{13}\text{C}$  в среднем -21.5‰. Если же диета животного состоит только из С4 растений, этот показатель составит в среднем -7.5‰. При смешанном питании, значения  $\delta^{13}\text{C}$  в коллагене составят между -21.5 и -7.5‰ [van der Merwe, 1982; Ambrose, DeNiro, 1989]. Плотоядные животные следующего трофического уровня, которые потребляют травоядных животных, будут иметь значения  $\delta^{13}\text{C}$  выше на 0.5-2.0‰. Далее такое увеличение будет происходить по пищевой цепи на каждом новом уровне [Schoeninger, 1985; Bocherens, Drucker, 2003]. Благодаря слабому изменению значений  $\delta^{13}\text{C}$  в тканях животных при продвижении по пищевой цепи можно отследить изотопные характеристики основания пищевой цепи (например, первичных продуцентов – растительности) (рисунок 1.1) [Горлова и др., 2015]. Кроме этого, у детенышей, питающихся грудным молоком, значения  $\delta^{13}\text{C}$  выше поскольку они находятся на один трофический уровень выше матери [Jenkins et al., 2001].

По сравнению с наземными растениями углеродный цикл у растений в морской экосистеме намного сложнее. Пищевая цепочка в экосистеме океана начинается с планктона, моллюсков и зоопланктона, и продолжается вплоть до тюленей и хищных морских рыб (исключая людей). Водные растения, имеющие в основном С3 тип фотосинтеза, по сравнению с наземной растительностью, имеют более широкий диапазон отношений изотопов углерода, смещенный в сторону утяжеленного состава. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  пресноводной и морской растительности находятся в пределах от -32 до -4‰ [Горлова и др., 2015]. При этом в пресноводных водоемах значения  $\delta^{13}\text{C}$  у растительности понижены (облегченный изотопный состав) относительно морских бассейнов [Горлова и др., 2015]. На утяжеление изотопного состава

углерода у растений в водной экосистеме влияют такие факторы как: соленость [Cornelisen et al., 2000], внеклеточная концентрация  $\text{CO}_2$  [Burkhardt et al., 1999; Корczynska et al., 1995], интенсивность света [Cornelisen et al., 2000], скорость роста водорослей [Laws et al., 1995], подвижность [Osmond et al., 1981] и температура воды [Wiencke, Fischer, 1990]. Кроме того, растениями помимо растворенного в воде  $\text{CO}_2$  могут усваивать углерод из гидрокарбонатов (бикарбонатов), которые более обогащены  $^{13}\text{C}$  по сравнению с  $\text{CO}_2$  [Szpak et al., 2013].

Морские животные имеют утяжеленный изотопный состав углерода относительно водных растительных сообществ, например, мясо моллюсков характеризуются значениями  $\delta^{13}\text{C}$  от -20.0 до -16.0‰, тюлени и хищные морские рыбы  $\delta^{13}\text{C} \sim -12\text{‰}$  [Dang et al 2009; Горлова, 2014]. Население прибрежных районов потребляет больше морских ресурсов, что приводит к увеличению значения их  $\delta^{13}\text{C}$ , чем у людей, потребляющих больше наземных ресурсов [Ватерс-Рист и др., 2016]. Эта разница  $\delta^{13}\text{C}$  между морской и наземной фауной ( $\sim 7\text{‰}$ ), что также отражается в изотопном составе людей-потребителей. Люди с морским рационом питания имеют среднее значение  $\delta^{13}\text{C}$ , равное -13‰, а лица, у которых наземный рацион питания, среднее  $\delta^{13}\text{C} \sim -20\text{‰}$  [Chisholm et al., 1982].

Следует соблюдать осторожность при использовании значений  $\delta^{13}\text{C}$  для определения потребления ресурсов из пресного водоема, поскольку увеличение  $\delta^{13}\text{C}$  в коллагене может быть связано не только с употреблением водной пищи, но и с потреблением растений с C4 типом фотосинтеза. Более достоверные свидетельства потребления продуктов из водоемов можно получить при совместном анализе изотопов углерода и азота.

### *1.3.2. Изотопы азота*

Азот имеет два стабильных изотопа:  $^{14}\text{N}$  (99.7%) и  $^{15}\text{N}$  (0.3%) (таблица 1.1). Первый нуклид состоит из семи протонов и семи нейтронов. В отличие от него  $^{15}\text{N}$  – это семь протонов и восемь нейтронов. Распространенность  $^{14}\text{N}$  в

природе составляет 99.7%, тогда как  $^{15}\text{N}$  – около 0.3% (табл. 1.1). Согласованным изотопным стандартом для азота является атмосферный азот (AIR – Ambient Inhalable Reservoir), поэтому принята величина  $\delta^{15}\text{N}$  атмосферного азота, равная 0.0‰ [Lambert, 1997; Pollard et al., 2007; Price et al., 1985].

При различных биогеохимических и биохимических процессах происходит увеличение значений  $\delta^{15}\text{N}$  от атмосферы к растениям и далее по пищевой цепи на каждом трофическом уровне [DeNiro, Epstein, 1981; Ambrose, 1991]. Изотопное фракционирование азота при переходе из неорганического в органическое вещество зависит от вида растения. Например, азотфиксирующие бобовые растения имеют  $\delta^{15}\text{N}$  близкое к 0.0‰ или 1‰, (средний диапазон от  $-7$  до  $+7$ ‰), поскольку они непосредственно фиксируют азот из атмосферы, не проявляя изотопное фракционирование при метаболизме. Напротив, значения  $\delta^{15}\text{N}$  у других растений варьирует в более широких пределах от  $-8$  до  $+18$  ‰ [Kelly, 2000; Горлова и др., 2015]. На такой разброс изотопных соотношений азота в этих растениях влияет несколько основных факторов. Во-первых, различие в изотопном составе поглощаемых азотсодержащих веществ, которые в свою очередь зависят от формы химического соединения (нитраты, аммоний, органические компоненты). Усвояемость растениями тех или иных азотных соединений также зависит от развитости и глубины корневой системы. Во-вторых, от фракционирования изотопов в процессе поглощения и ассимиляции. В-третьих, от микоризного статуса растений. Например, кустарники и деревья, которые получают азот от грибов-симбионтов (микоризообразователей) имеют значения  $\delta^{15}\text{N}$  меньше по сравнению со злаковыми растениями, не имеющих таких симбионтов [Макаров, 2009; Bocherens et al., 2014]. Кроме того,  $\delta^{15}\text{N}$  в растениях имеет тенденцию уменьшаться с увеличением высоты произрастания [Bocherens et al., 2014].

Исследования, в которых достаточно подробно были бы показаны и описаны результаты изотопных соотношений азота органического вещества у

лишайников, мхов и грибов не так много, хотя эти организмы также широко представлены в наземных и водных экосистемах. По литературным данным, изотопный состав азота у лишайников (лихенизированные грибы) колеблется от -21.5 до +18‰, причем самые высокие значения  $\delta^{15}\text{N}$  зафиксированы в талломах лишайников в Антарктике [Бязров, 2012]. У грибов  $\delta^{15}\text{N}$  варьирует от -7.1‰ до +21.8‰ [O'Regan et al., 2016]. Некоторые исследования показали, что  $\delta^{15}\text{N}$  эктомикоризных грибов обогащен примерно на 5‰ относительно  $\delta^{15}\text{N}$  сапротрофных грибов [Hobbie et al., 2012]. При сравнении изотопного состава  $\delta^{15}\text{N}$  грибов в четырех различных таксонах, включая мухомор *Amanita muscaria*, выявлено, что более высокие значения  $\delta^{15}\text{N}$  имели шляпки грибов чем ножки [O'Regan et al., 2016]. Мхи характеризуются повышенной чувствительностью к атмосферному азоту. Это связано с несколькими особенностями: 1) большинство таксонов мхов лишены устьиц (по крайней мере, на стадии гаметофита); 2) листья имеют толщину всего в одну клетку и не имеют кутикулярного барьера; 3) у мхов отсутствуют эффективные системы корнеобразования и транспортировки для поглощения питательных веществ из субстратов их роста. Их изотопный состав в Европе и Азии варьирует от -1.1 до -7.7‰ (среднее значение -4.3‰) [Du et al., 2022].

Изотопы азота подвергаются значительному фракционированию в ходе метаболических процессов от продуцентов к консументам/редуцентам, что приводит к закономерному обогащению на 3-6‰ травоядных и хищных животных, а также сапрофагов, на каждом последующем трофическом уровне (рисунок 1-2) [DeNiro, Epstein, 1981; Minagawa, Wada, 1984; Wada et al., 1991]. Животные, которые потребляют не бобовые растения, имеют значения  $\delta^{15}\text{N}$  около 7‰ до 13‰, а хищники, которые потребляют этих животных, имеют значения  $\delta^{15}\text{N}$ , составляющие в среднем от 10‰ до 16‰ [DeNiro, Epstein, 1981; Minagawa, Wada, 1984; Wada et al., 1991]. Кроме того, высокие (утяжеленные) значения  $^{15}\text{N}$  будут иметь детеныши, питающие молоком матери по сравнению

с показателями взрослого, поскольку стоят на один трофический уровень выше [Bocherens, 2003].

Различие отношений изотопов азота наблюдается между морскими и наземными диетами [DeNiro, 1985]. В морских экосистемах показатели  $\delta^{15}\text{N}$  будут более высокими из-за более длинной пищевой цепи (больше трофических уровней). Если значения  $\delta^{15}\text{N}$  морского фитопланктона варьирует от 1.0‰ до 16.0‰, за исключением районов океана с преобладанием азотофиксирующих продуцентов, где значения еще более утяжелены [Kelly, 2000; Горлова и др., 2015], то консументы (морские животные) будут иметь  $\delta^{15}\text{N}$  от 7 до 22‰. Тогда как, для речной рыбы в Канаде показаны значения  $\delta^{15}\text{N}$  в пределах от 7 до 9‰ [Schoeninger, DeNiro, 1984; Katzenberg, 1989]. В Прибайкалье пресноводная фауна имела  $\delta^{15}\text{N}$  в диапазоне от 7.0‰ (каarp) до 14.0‰ (пресноводные тюлени), а индивиды, потребляющие как пресноводную, так и наземную пищу, имели значения  $\delta^{15}\text{N}$  в диапазоне от 10.1 до 14.4‰ [Katzenberg, Weber, 1999]. Таким образом, в целом значения  $\delta^{15}\text{N}$  морской рыбы будут более положительными, чем у пресноводной рыбы.

На значения  $\delta^{15}\text{N}$  в образцах фауны влияют не только потребляемые ресурсы, но и некоторые экологические и физиологические факторы. В засушливых районах, животные характеризуются значениями  $\delta^{15}\text{N}$ , которые выше, чем у животных из регионов с большим количеством осадков [Николаев, Рысков, Якумин, 2006]. Частично, это может быть связано с процессами сохранения воды и выделения животными мочевины, обедненной изотопом  $^{15}\text{N}$  [Ambrose, 1991]. К физиологическим факторам можно отнести пищевой стресс, когда недостаточное потребление белка животными приводит к расщеплению и повторному использованию уже существующих тканей, обогащенных  $^{15}\text{N}$  из-за преимущественного выведения  $^{14}\text{N}$  из организма [Bocherens, 2003]. При беременности у млекопитающих происходит уменьшение значений  $\delta^{15}\text{N}$  (от 0.3 до 1.1‰) по сравнению со значениями изотопного состава азота которое было до беременности. Это можно объяснить тем, что организм находится в

анаболическом состоянии и имеет положительный азотистый баланс, когда увеличивается синтез белка, а экскреция азота уменьшается [Fuller et al., 2004]. Кроме этого, клинические исследования показывают, что значения  $\delta^{15}\text{N}$  увеличиваются при таких заболеваниях как нервная анорексия, остеомиелит и нервный стресс. При хорошо заживающих переломах  $\delta^{15}\text{N}$  уменьшается на 0.8‰ [Mekota et al., 2006; Katzenberg, Lovell, 1999].

#### **1.4. Краткий обзор изотопных исследований по Байкальскому региону**

В рамках международных проектов, посвященных среднему голоцену (9000 - 3000 лет назад) Байкальского региона Сибири – «Байкал-Хоккайдо археологический проект» (BHAP, Baikal-Hokkaido Archeology Project), и «Байкальский археологический проект» (BAP, Baikal Archeology Project), на основе изучения стабильных изотопов углерода и азота проведены палеорекострукции рационов питания древнего населения [например, Katzenberg, Weber, 1999; Weber, Link, Katzenberg, 2002; Katzenberg, Goriunova, Weber, 2009; Katzenberg et al., 2010; Weber et al., 2016; Горюнова, 2007; Waters-Rist et al., 2011; Weber, Goriunova, 2013; Losey et al., 2016; Waters-Rist et al., 2016; Weber et al., 2021]

Результаты этих комплексных исследований показали значительные вариации культурных традиций, особенно погребальных, внутри и между археологическими периодами и микрорегионами. Некоторые культурные модели развивались быстрыми темпами, другие – гораздо медленнее; часть из них, по-видимому, быстро утрачивалась, в то время как другие постепенно трансформировались. Полученные радиоуглеродные датировки в этих исследованиях позволили по-новому взглянуть на использование кладбищ: одни, по-видимому, использовались постоянно, другие – лишь единожды, а некоторые показывают длительные периоды неиспользования. Выявлены различия в продолжительности использования той или иной похоронной

традиции. Для раннего бронзового века обнаружена мозаичность в рационе питания: некоторые группы демонстрировали изменения в рационе питания (часто делая упор на разные продукты), в то время как другие группы сохраняли стабильность. Подобные различия наблюдались даже у соседних групп. В позднем голоцене рацион питания скотоводов состоял не только из домашних животных, но и из большого количества водных ресурсов. Это подтверждается результатами изотопных исследований фаунистических материалов, в которых говорится о важной роли рыб и нерпы в системе жизнедеятельности населения Прибайкалья, а также сходством изотопных значений охотников-собирателей с данными охотников-рыболовов из раннего и среднего голоцена [Ватерс-Рист и др., 2016].

Исследования изотопного состава тканей фауны Северного Приангарья [Хубанова и др., в 2017; Кузнецов и др., 2019], позволили реконструировать условия обитания животных в позднем плейстоцене - голоцене. Анализ  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$  коллагена зуба лошади из культурного горизонта 10 местонахождения Усть-Кеуль I (10 – 11 тыс. л.н.) свидетельствует о преобладании в ее рационе питания травянистых растений преимущественно с типом фотосинтеза  $\text{C}_3$ , произрастающих в степи и/или лесостепи. В более поздние эпохи, от неолита до настоящего времени, в регионе преобладали таежные условия. Рацион питания лосей от 9 до 2 горизонтов разреза местонахождения Усть-Кеуль I состоял из лесной (таежной) растительности, среди которой существенную часть составляли мхи, лишайники, водные и полуводные растения и грибы [Хубанова и др., 2017].

По результатам анализа 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 изотопные отношения палеофауны Северного Приангарья соответствуют диапазону значений для аналогичной фауны Южного Приангарья [Кузнецов и др., 2019]. 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. Однако имеющиеся единичные данные по Северному Приангарью не позволяют однозначно связывать эти изменения с палеоклиматическими трендами (потепление–похолодание, аридность–гумидность).

В Западном Забайкалье первые изотопные исследования выполнены на палеонтологическом материале. При измерении радиоуглеродного возраста ( $^{14}\text{C}$ ) были получены изотопные отношения стабильных изотопов углерода в коллагене позднеплейстоценовой травоядной мегафауны (мамонтов) из местонахождений Новодесятниково ( $\delta^{13}\text{C}$  -21.0‰) и Вахмистрово ( $\delta^{13}\text{C}$  -20.7‰). На основании полученных результатов показано, что на рубеже позднего плейстоцена–голоцена в Западном Забайкалье преобладали сухие степи [Орлова и др., 2006].

Следует отметить работы, связанные с изучением изотопных вариаций углерода в растительности и почвах Внутренней Азии [Andreeva и др., 2013; Егорова, 2015; Буянтуева и др., 2012; Дамбаев и др., 2016], в том числе засоленных экосистем Западного Забайкалья [Гончиков и др., 2007; Дамбаев 2011; Дамбаев, Найданов., 2021]. Основным результатом стало получение данных по  $\delta^{13}\text{C}$  растительных сообществ (-25.4 – -27.6‰), свидетельствующих о преобладании растений с  $\text{C}_3$ -типом фотосинтеза, принадлежащих в основном к экологической группе – ксерофиты. Кроме того, сотрудниками института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН проведены комплексные исследования, включающие изучение состава стабильных изотопов углерода в почвах Байкальского региона [Голубцов, 2020]. В частности, на основании значений  $\delta^{13}\text{C}$  разновозрастных почв выполнена реконструкция климата, свидетельствующая о постепенной аридизации начиная с позднеледникового. В среднем голоцене имело место максимальное иссушение, а в позднем голоцене уровень увлажнения повышается. В MIS3 наиболее влажным был климат во время формирования раннекаргинских почв, а в интервале 36–31 тыс. кал. л.н.



увлажнение снизилось до современных значений, а в финале MIS3 стало ниже современного уровня.

### 1.5. Резюме

В биогеографических, палеоэкологических и палеонтологических (зооархеологических) исследованиях анализ стабильных изотопов ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) широко используется для реконструкции диеты, ландшафтных и климатических условий произрастания растительных пищевых ресурсов и среды обитания животных, включая вымершие виды. Основные исследования по геохимии и биохимии стабильных изотопов углерода и азота проведены во второй половине XX века, а их активное использование для реконструкций условий питания и обитания флоры и фауны началось только в последние 30-40 лет. Развитие этого направления было обусловлено задачами по изучению питания, обитания и миграции древнего человека. В настоящее время накопление биогеохимических данных, в том числе изотопных, для различных экосистем прошлого и настоящего важно для понимания и прогнозирования климатических и экологических изменений в среднесрочной и долгосрочной перспективе, включая проблему аридизации и опустынивания территорий Внутренней Азии.

Интерпретация изотопных отношений  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  опирается на разность абсолютных значений этих отношений для двух веществ. Для характеристики содержания изотопов используется величина  $\delta$  (дельта) – относительная разность изотопных отношений образца и эталона. Поскольку природная распространенность тяжелых изотопов очень низкая, то крайне маленькое значение относительной разности изотопных отношений принято выражать в промилле (‰). В качестве международных стандартов

используются: для углерода – изотопный состав карбоната (белемнит) Pee Dee формации (PDB) или его «венский» аналог (VPDB); для азота – состав атмосферного воздуха.

Соотношение изотопов углерода у животных зависит от потребляемых ими растений. Растения делятся на три основные группы по типу фотосинтеза: C3-растения, C4-растения и САМ-растения. Растения умеренных и холодных природных зон относятся к первому типу фотосинтеза (C3), для них характерно среднее значение  $\delta^{13}\text{C} \sim -27\text{‰}$ . Ко второму типу относятся C4-растения, преимущественно произрастающие в жарком и засушливом климате, с  $\delta^{13}\text{C}$  около  $-13\text{‰}$ . Третья группа растений включает кактусы и суккуленты, значения  $\delta^{13}\text{C}$  которых находятся в диапазоне между значениями  $\delta^{13}\text{C}$  у растений с фотосинтезом C3- и C4-типа. Кроме того, относительно легкий изотопный состав углерода наблюдается у лесной растительности, а относительно тяжелый изотопный состав обусловлен уменьшением эффекта фракционирования изотопов в случае произрастания на открытых пространствах, например, в степи.

На соотношение стабильных изотопов азота у животных влияют различные физиологические (голод, обезвоживание, лактация) и экологические (засуха, засоление почвы, навоз) факторы, в ходе которых значения  $\delta^{15}\text{N}$  обогащаются или обедняются. Например, при недостатке пищи и воды в тканях травоядных наблюдается обогащение тяжелым изотопом азот. В благоприятных условиях, наоборот, количество тяжелого изотопа азота относительно снижено. Кроме того, из-за эффектов фракционирования значения  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$  в коллагене костей травоядных отличаются увеличением на  $4 - 5 \text{‰}$  и  $3 - 6 \text{‰}$  соответственно от изотопного состава их пищи. При переходе по пищевой цепи эти значения увеличиваются с каждым трофическим уровнем на  $0.5 - 1.5 \text{‰}$  для  $\delta^{13}\text{C}$  и на  $3 - 6 \text{‰}$  для  $\delta^{15}\text{N}$ . Таким образом, используя метод соотношения стабильных изотопов углерода и азота, можно реконструировать рацион и экологическую среду обитания животных.

В науках о Земле применяется принцип актуализма, согласно которому современные геологические процессы и обстановки, в том числе экосистемы, используются как аналоги прошлых условий. Поэтому для палеоэкологических реконструкций с использованием стабильных изотопов необходимы данные о соотношении изотопов углерода и азота у современных животных, населяющих различные ландшафтные зоны с характерной кормовой базой. Однако, в научной литературе по современным животным Центральной Азии, включая Байкальский регион, наблюдается дефицит таких изотопных исследований. Большая часть предыдущих работ сосредоточена в основном на определенном виде или трофической группе для анализа их рациона. Расширение изотопных исследований позволит повысить достоверность анализа палеоэкологических данных.

## ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Морфометрическое изучение

При морфологическом исследовании современных и ископаемых костных остатков были использованы сравнительно-анатомический и морфометрический (биометрический) методы. Суть сравнительно-анатомического метода состоит в том, что все млекопитающие, в том числе человек, имеют общее сходство в строении скелета. Однако при этом, отдельные кости каждого вида характеризуются своими анатомическими особенностями, присущие только ему. Этот принцип лежит в основе видовой диагностики современных и ископаемых млекопитающих. Среди русскоязычных исследователей распространением используются определители В.И. Громовой [Громова, 1949а; 1949б; 1950; 1953; 1960]. В настоящем исследовании для анатомического сравнения и диагностики ископаемых костных и зубных тканей также использовались коллекции ГАУК РБ «Кяхтинского краеведческого музея им. акад. В. А. Обручева», ГАУК РБ "Национального музея Республики Бурятия, Геологического музея ПГО "Бурятгеология", Музея БНЦ СО РАН Республики Бурятия. Идентификация и описание остатков шерстистых носорогов опиралась на методические рекомендации Н.В. Гарутт [Гарутт, 1998], Р. Кальке и Ф. Лакомбат [Kahlke, Lacombat, 2008], А.В. Шпанского и Г.Г. Боескорова [Шпанский, Боескоров, 2018] и К. Герена [Guerin, 1980]. Промеры краниальных и посткраниальных элементов скелета других видов проведено, согласно методике, фон ден Дриша [von den Driesch, 1976].

Автором проведена идентификация и морфометрическое описание отобранных костных остатков позднеголоценовой и позднелайстоценовой фауны для установления видового состава, а также для выявления

особенностей строения скелета шерстистого носорога (*Coelodonta antiquitatis*), которые обусловлены диетой и условиями обитания.

Измерения производились с помощью штангенциркуля с точностью до 0.1 мм. На рисунках 2.1 – 2.9 приведены примеры измерения основных показателей, принятых при морфометрическом изучении шерстистого носорога (*Coelodonta antiquitatis*).

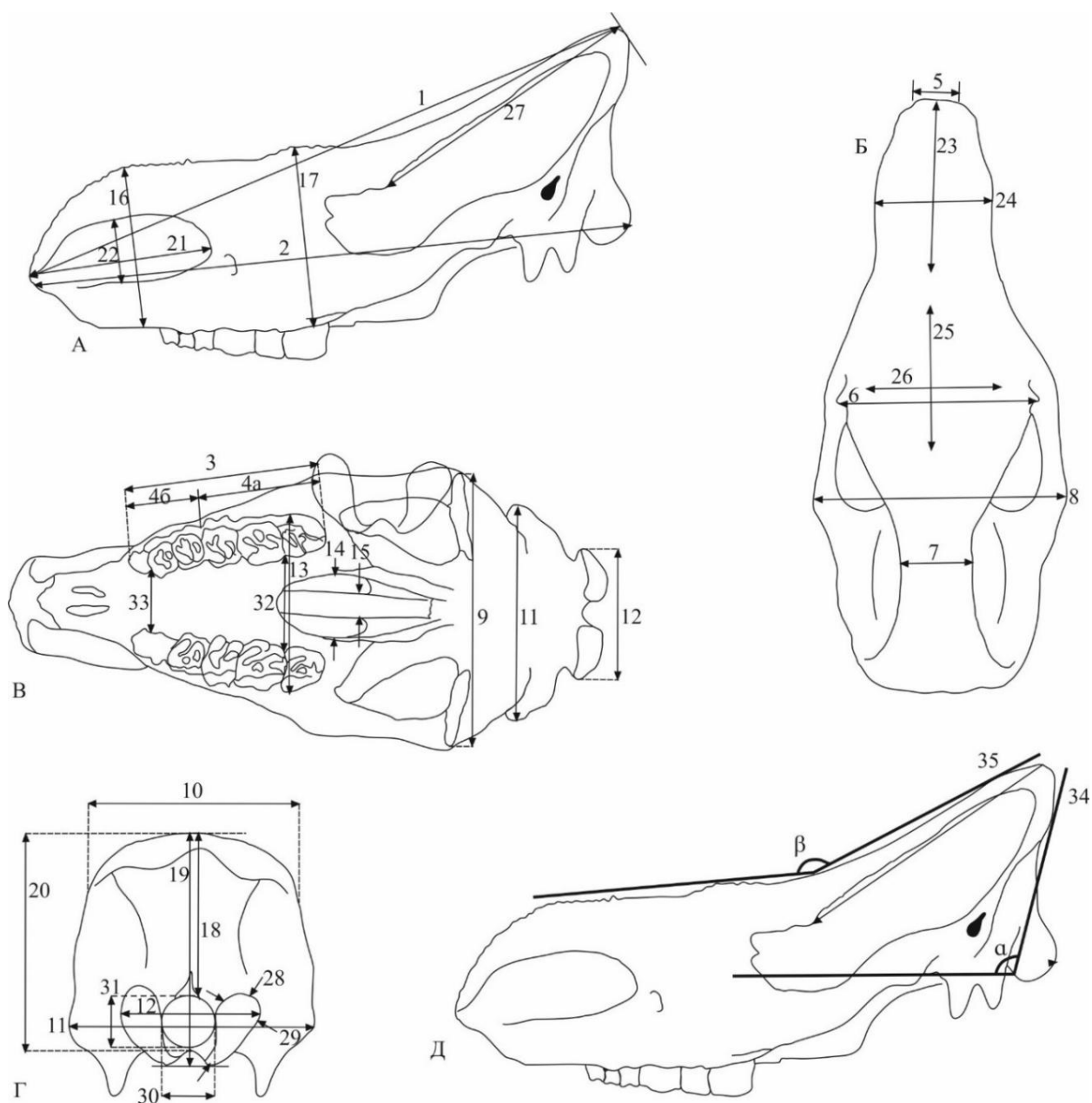


Рисунок 2.1 – Схема промеров черепа шерстистого носорога [по данным Гарутт, 1998; Шпанский, Боесков, 2018]

А, Д – вид сбоку, Б – вид сверху, В – вид снизу, Г – вид сзади: 1 – общая длина; 2 – кондило-базальная длина; 3 – длина зубного ряда; 4 – длина ряда М/ряда Р; 5 – ширина

рострума – ширина в концевой части носовых костей; 6 – ширина в передней части орбит; 7 – ширина в височном сужении – наименьшая ширина темени между внешними краями височных впадин; 8 – наибольшая ширина в скуловых дугах; 9 – ширина в сочленовных ямках, взятая по внешним краям; 10 – ширина затылка в области затылочного гребня; 11 – ширина в наиболее выступающих точках сосцевидных отростков (*processus mastoideus*); 12 – расстояние между внешними краями затылочных мыщелков; 13 – ширина черепа в области МЗ, по буккальным стенкам МЗ; 14 – ширина хоан (наибольшая); 15 – ширина носовой перегородки в области хоан; 16 – высота от вершины основания назального рога до небной кости (часто совпадает с передним краем альвеолы Р2), перпендикулярно длине черепа; 17 – высота в области заднего края МЗ до наиболее высокой точки выступания лобных костей; 18 – высота затылка от верхнего края затылочного отверстия до затылочного гребня; 19 – высота затылка от нижнего края мыщелков до затылочного гребня (два промера высоты затылка необходимы, поскольку верхний край затылочного отверстия имеет очень изменчивую форму и зачастую имеет значительный дорсальный прогиб); 20 – высота затылка-от точки basion, до наиболее выступающей точки *crista occipitalis*; 21 – длина носовой вырезки; 22 – ширина носовой вырезки; 23 – длина носовой подроговой мозоли; 24 – ширина носовой подроговой мозоли; 25 – длина лобной подроговой мозоли; 26 – ширина лобной подроговой мозоли; 27 – длина теменной области черепа: от затылочного гребня до точки (so) *supraorbitale*; 28 – наибольшая высота затылочного мыщелка; 29 – наибольшая ширина затылочного мыщелка; 30 – ширина затылочного отверстия; 31 – высота затылочного отверстия; 32 – ширина неба изнутри между МЗ; 33 – ширина неба изнутри между Р2; 34 – угол наклона черепа, образованный между горизонтальной плоскостью основания черепа и плоскостью затылка (*a*); 35 – угол наклона теменной плоскости к плоскости образованной лобными (*b*) костями.

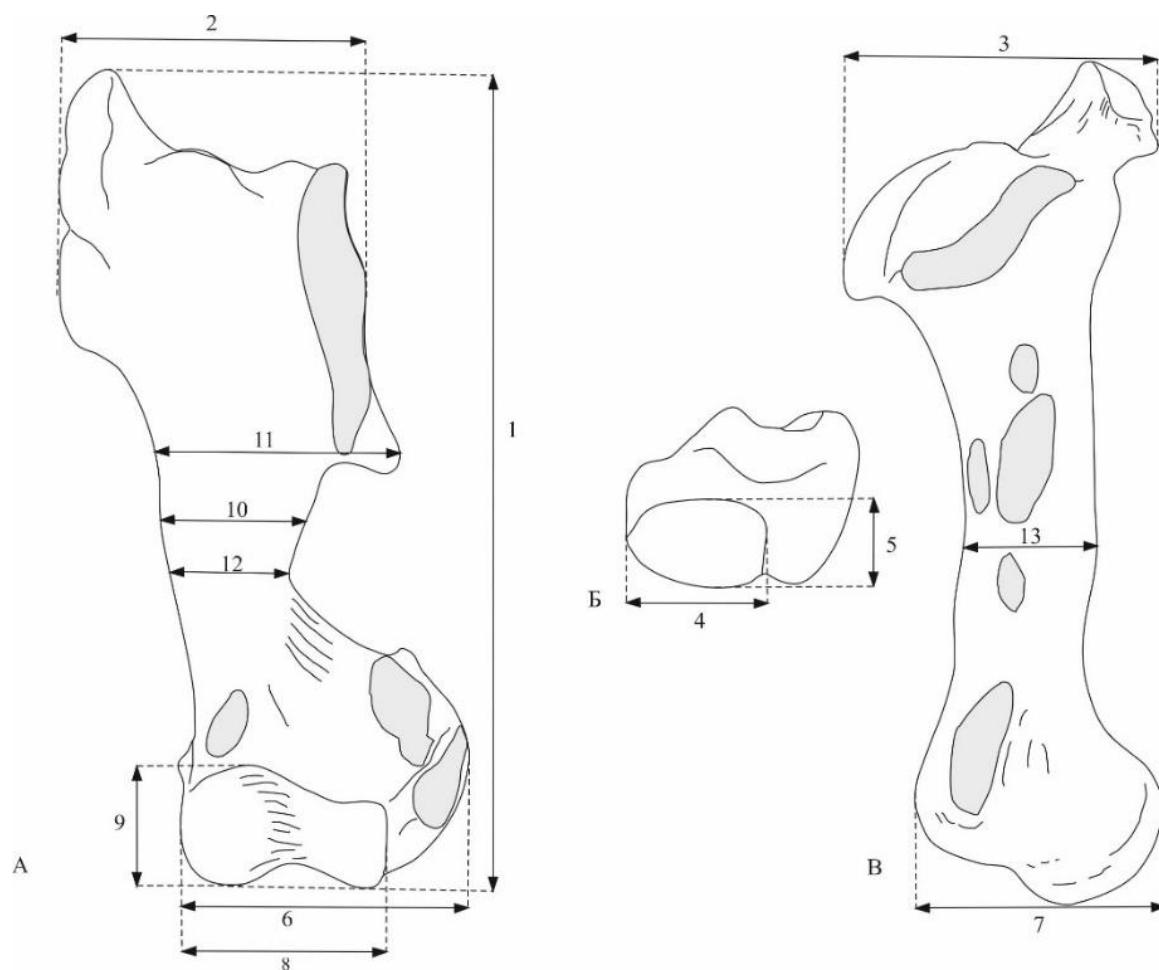


Рисунок 2.2 – Схема промеров плечевой кости шерстистого носорога [по данным Guerin, 1980]

А – вид спереди, Б – поверхность проксимального эпифиза, В – вид сбоку: 1 – общая длина кости; 2 – ширина проксимального эпифиза; 3 – поперечник проксимального эпифиза; 4 – ширина суставной головки плечевой кости; 5 – поперечник суставной головки плечевой кости; 6 – ширина дистального эпифиза; 7 – поперечник дистального эпифиза; 8 – ширина суставного блока; 9 – поперечник суставного блока; 10 – ширина диафиза на середине кости; 11 – ширина диафиза через *tuber deltoideum*; 12 – ширина диафиза минимальная; 13 – поперечник диафиза на середине кости.

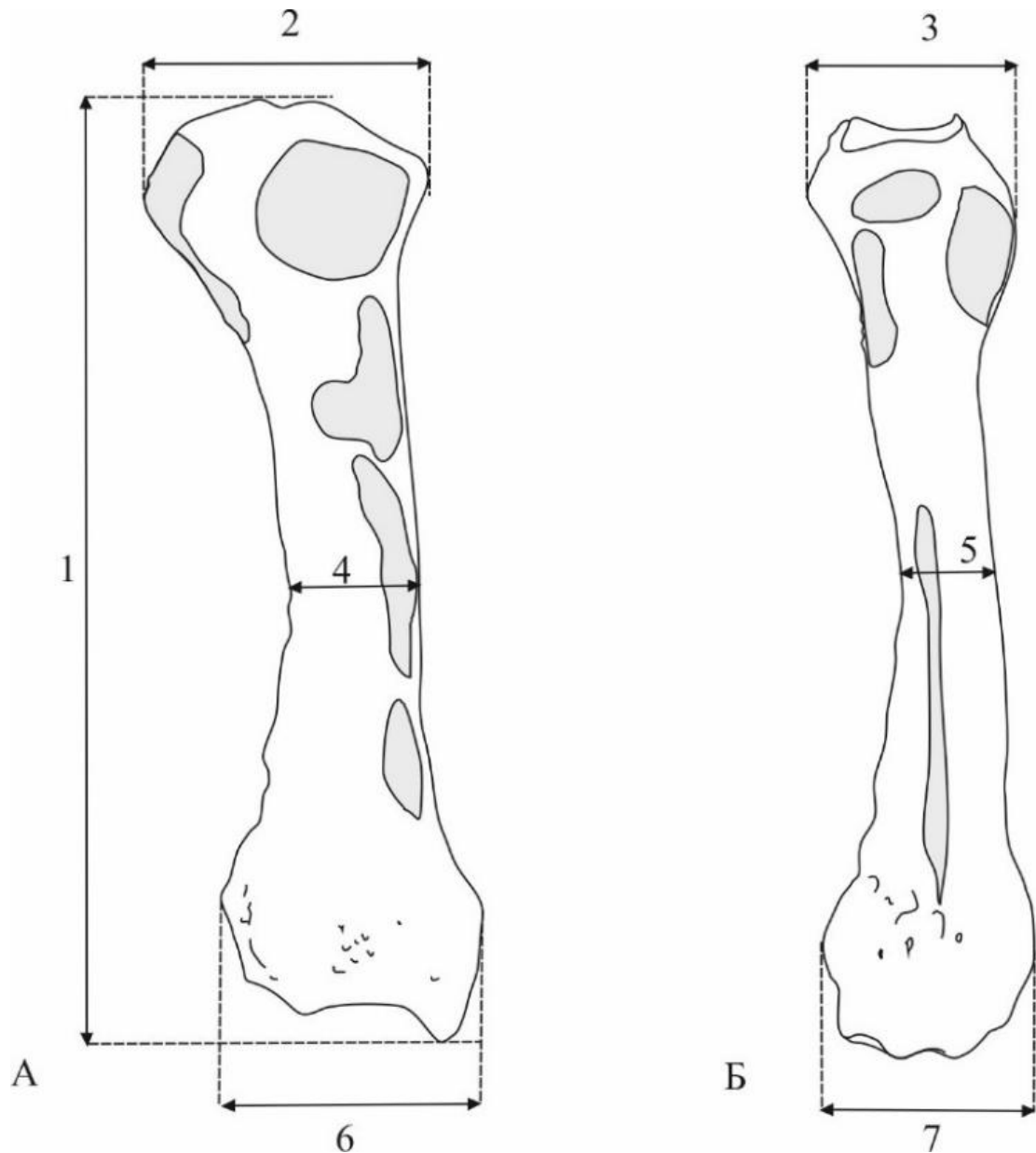


Рисунок 2.3 – Схема промеров лучевой кости шерстистого носорога [по данным Guerin, 1980]

А – вид спереди, Б – вид сбоку: 1 – общая длина кости; 2 – ширина проксимального эпифиза; 3 – поперечник проксимального эпифиза; 4 – ширина диафиза; 5 – поперечник диафиза; 6 – ширина дистального эпифиза (без суставной поверхности); 7 – поперечник дистального эпифиза (без суставной поверхности).



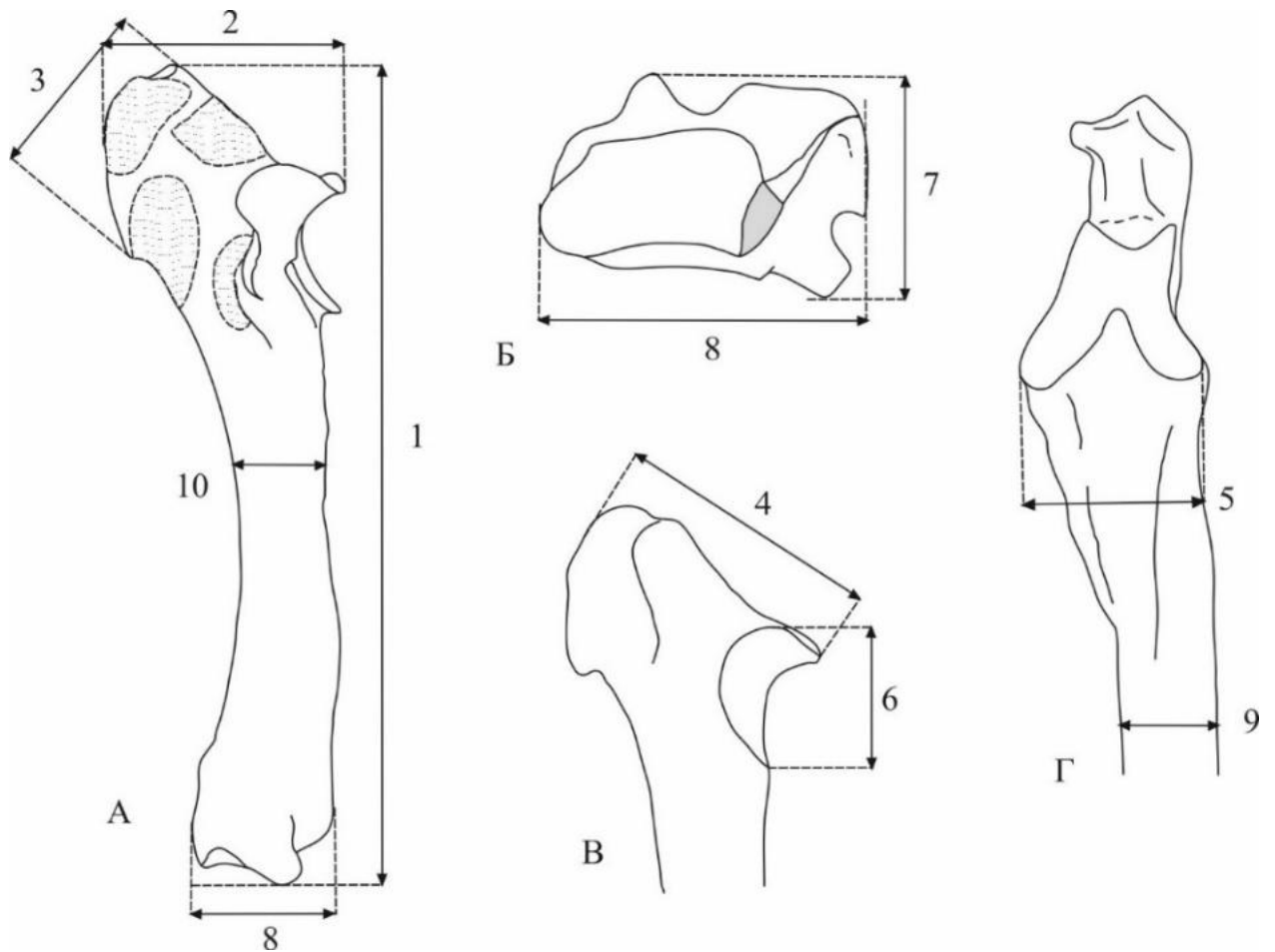


Рисунок 2.4 – Схема промеров локтевой кости шерстистого носорога [по данным Guerin, 1980]

А, В – вид сбоку, Б – вид снизу, Г – вид спереди: 1 – наибольшая длина кости; 2 – поперечник локтевого бугра; 3 – ширина локтевого бугра; 4 – длина локтевого отростка от вершины крючковидного отростка полулунной вырезки; 5 – ширина полулунной вырезки; 6 – высота полулунной вырезки; 7 – ширина суставной поверхности дистального эпифиза; 8 – поперечник дистального эпифиза; 9 – ширина диафиза; 10 – поперечник диафиза.

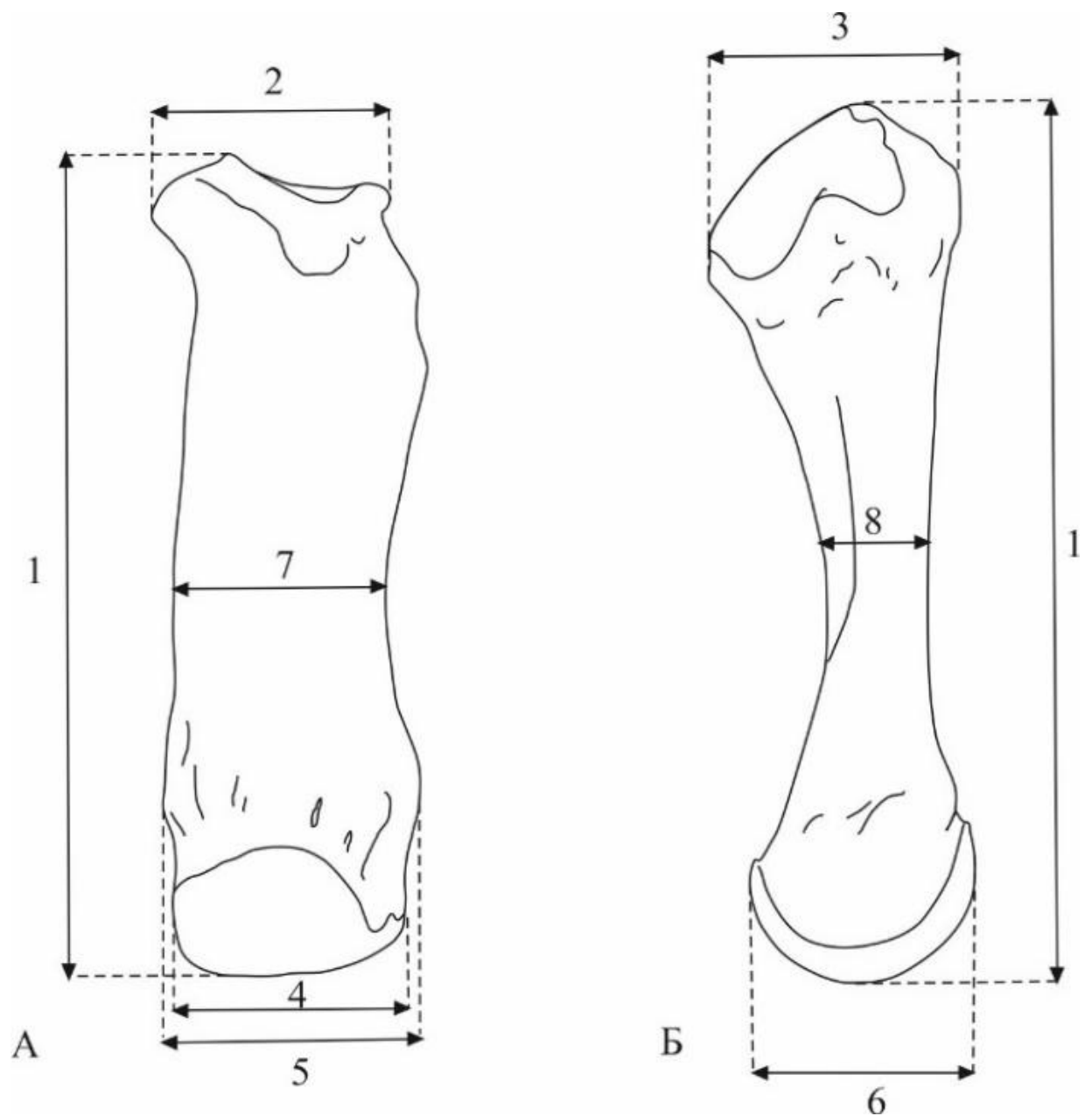


Рисунок 2.5 – Схема промеров второй пястной кости шерстистого носорога  
[по данным Guérin, 1980]

А – вид спереди, Б – вид сбоку: 1 – полная длина кости; 2 – ширина проксимального эпифиза; 3 – поперечник проксимального эпифиза; 4 – ширина дистального эпифиза в суставе; 5 – ширина дистального эпифиза в надсуставных буграх; 6 – поперечник дистального эпифиза; 7 – ширина диафиза; 8 – поперечник диафиза.

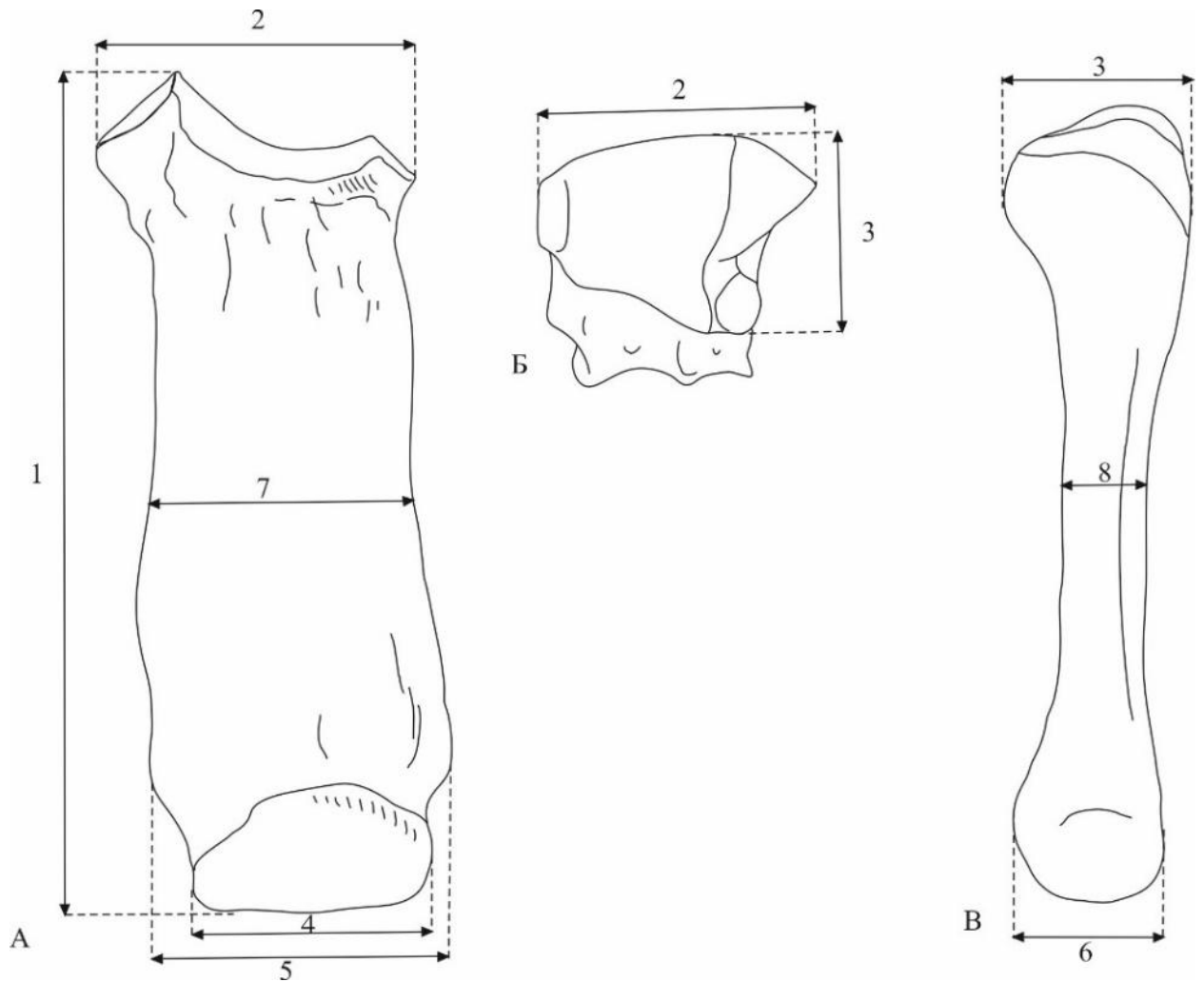


Рисунок 2.6 – Схема промеров третьей пястной кости шерстистого носорога  
[по данным Guerin, 1980]

А – вид спереди, Б – поверхность проксимального эпифиза, В – вид сбоку: 1 – полная длина кости; 2 – ширина проксимального эпифиза; 3 – поперечник проксимального эпифиза; 4 – ширина дистального эпифиза в суставе 5 – ширина дистального эпифиза в надсуставных буграх; 6 – поперечник дистального эпифиза; 7 – ширина диафиза; 8 – поперечник диафиза.

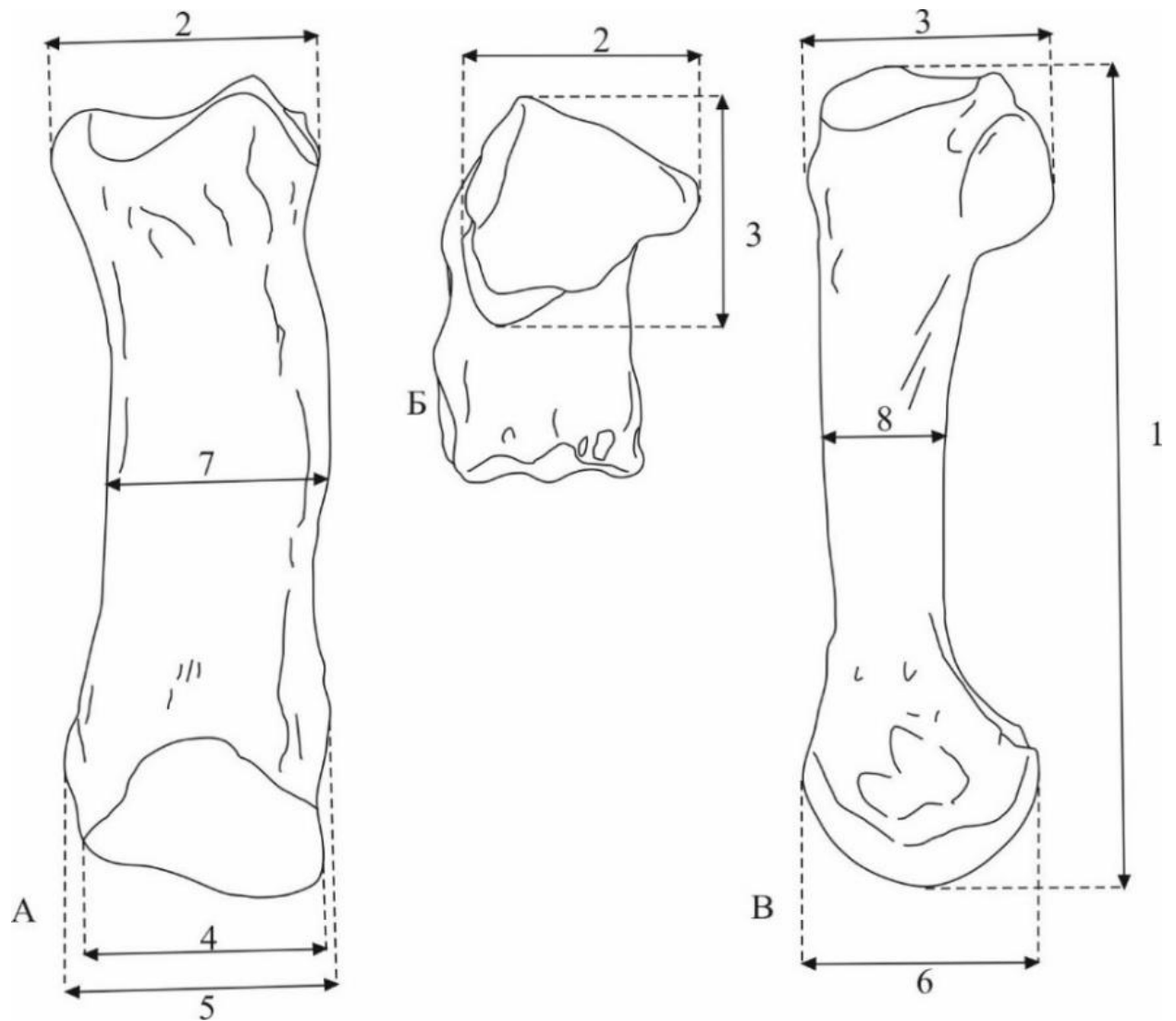


Рисунок 2.7 – Схема промеров четвертой пястной кости шерстистого носорога [по данным Guerin, 1980]

А – вид спереди, Б – поверхность проксимального эпифиза, В – вид сбоку: 1 – полная длина кости; 2 – ширина проксимального эпифиза; 3 – поперечник проксимального эпифиза; 4 – ширина дистального эпифиза в суставе 5 – ширина дистального эпифиза в надсуставных буграх; 6 – поперечник дистального эпифиза; 7 – ширина диафиза; 8 – поперечник диафиза.

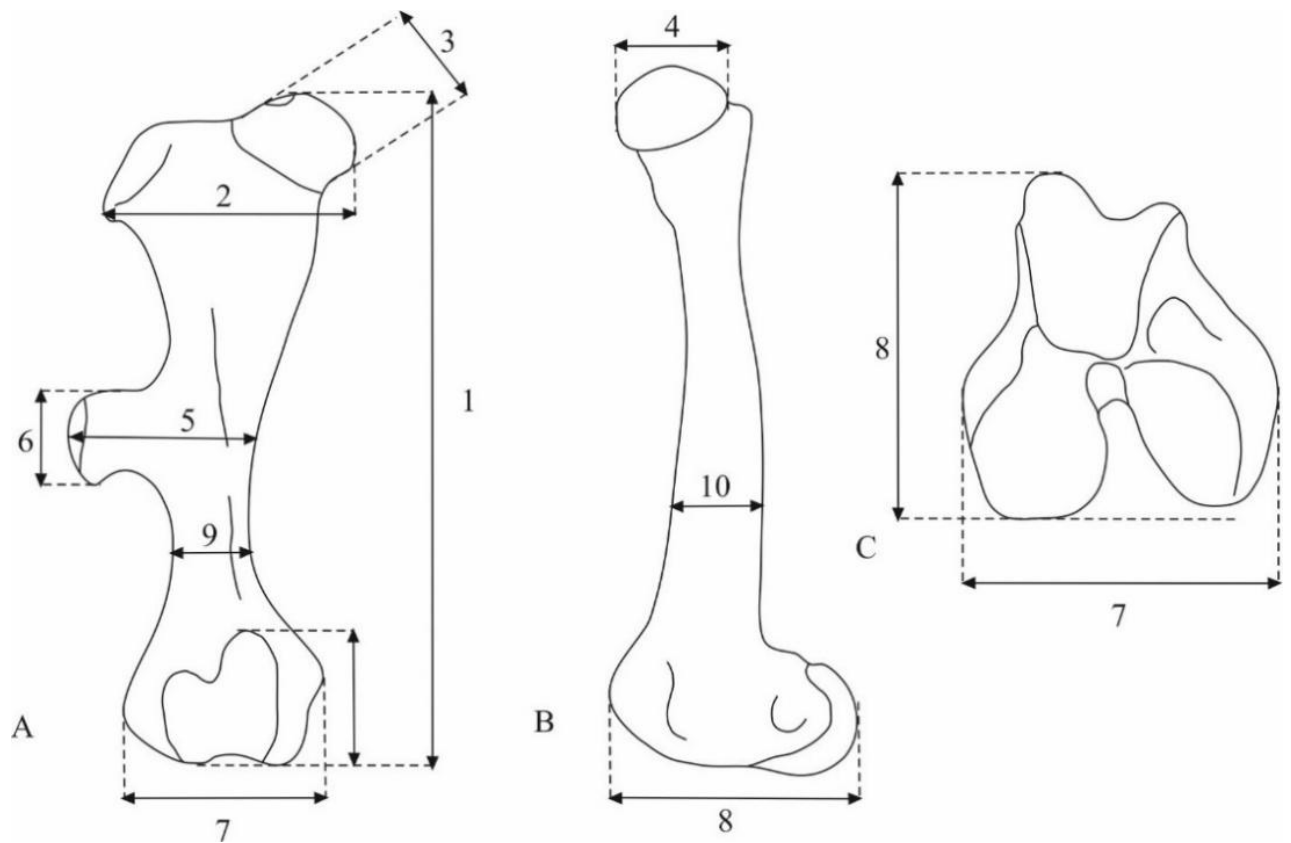


Рисунок 2.8 – Схема промеров бедренной кости шерстистого носорога (по данным Guérin, 1980)

А – вид спереди, Б – поверхность проксимального эпифиза, В – вид сбоку 1 – длина от вершины головки до дистального края медиального мыщелка; 2 – ширина проксимального эпифиза; 3 – ширина головки; 4 – поперечник головки 5 – ширина через третий вертел; 6 – ширина (высота) основания третьего вертела; 7 – ширина дистального эпифиза; 8 – поперечник дистального эпифиза; 9 – ширина диафиза; 10 – поперечник диафиза.

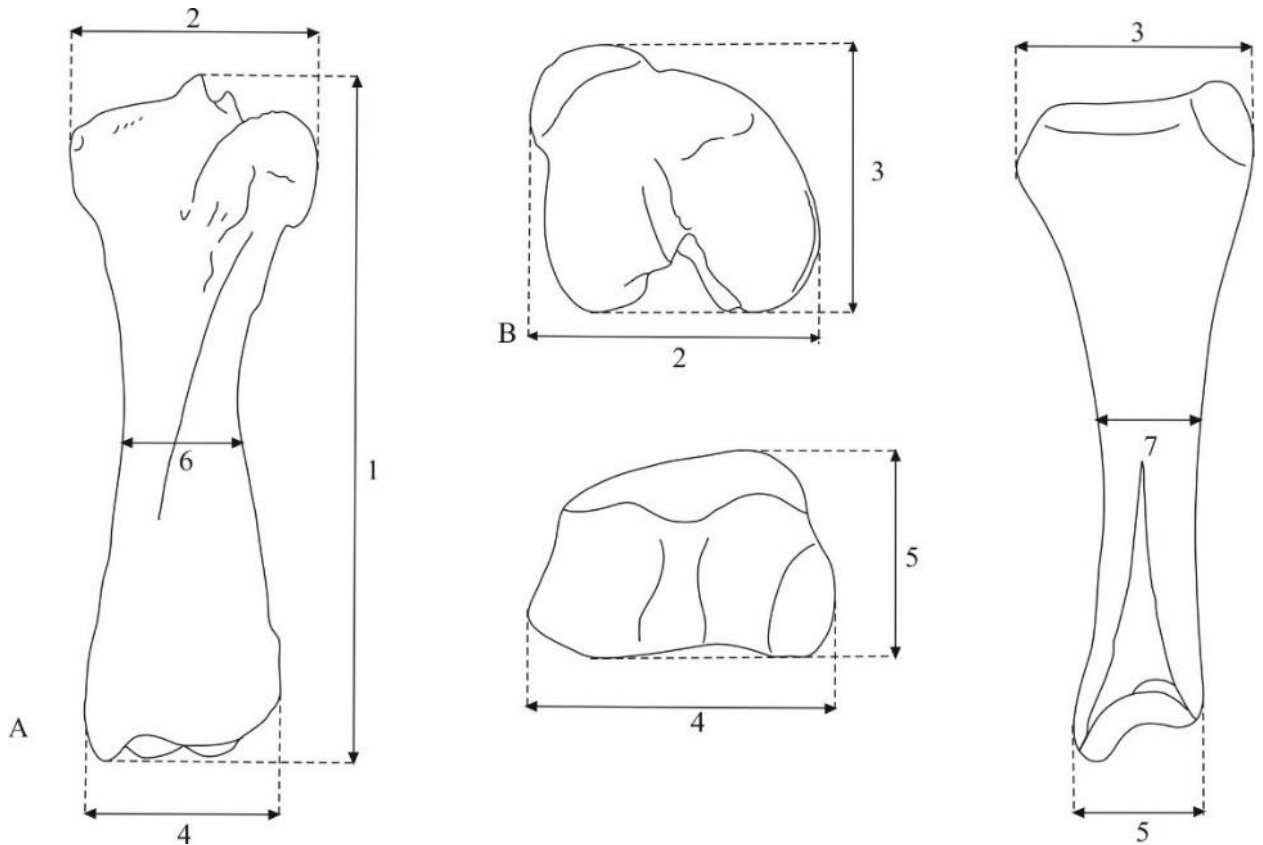


Рисунок 2.9 – Схема промеров большеберцовой кости шерстистого носорога [по данным Guerin, 1980]

А – вид спереди, Б – поверхность проксимального эпифиза, В- вид сбоку: 1 – полная длина; 2 – ширина проксимального эпифиза; 3 – поперечник проксимального эпифиза; 4 – ширина дистального эпифиза; 5 – поперечник дистального эпифиза; 6 – ширина диафиза; 7 – поперечник диафиза.

## 2.2. Пробоподготовка для изотопного анализа

### 2.2.1. Особенности строения костной и зубной тканей

При изучении изотопного состава фауны (в том числе палеонтологических и зооархеологических образцов) существует зависимость изотопных отношений от типа ткани организма, используемой в качестве субстрата для изотопного анализа. Значение отношений стабильных изотопов отдельных тканей предоставляет информацию о конкретном временном интервале жизни организма. Например, обмен веществ в кератине волос, перьев и ногтей происходит относительно быстро, поэтому их изотопный состав отражает условия питания последних недель или месяцев [Горлова и др., 2015]. Тогда как изотопный состав в костном коллагене приходит в равновесие с внешней средой (условиями питания) достаточно долго, в течение нескольких лет [Святко, 2016]. Иными словами, при разработке стратегии отбора образцов нужно учитывать тип ткани, чей изотопный состав зависит от скорости обмена веществ, роста тканей и времени достижения изотопного равновесия с окружающей средой. Эти особенности позволяют решать разные задачи: например, по образцам волос можно проследить изменения условий питания в зависимости от годовичного сезона; в образцах костей наблюдаются более долгосрочные колебания этих условий. Однако, некоторые типы тканей подвержены разрушению при фоссилизации, вторичном преобразовании (карбонатизация, углефикация), а также в ходе палеонтологических и археологических раскопок (например, физическое разрушение мягких тканей).

Для выполнения данного исследования отбирался костный и зубной (дентин) материал, который по внешним признакам (цвет, целостность, твердость и плотность материала, отсутствие признаков наложения вторичной карбонатизации и др.) имел удовлетворительную сохранность [Смирнов и др., 2009].

Костная ткань млекопитающих состоит из минеральной и органической частей. Минеральная часть в основном представлена фосфатом кальция, в виде гидроксиапатита  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , и карбонатом кальция с небольшой примесью фосфата магния, фторида магния и других солей (рисунок 2.10). Органический материал состоит из 90% тонких волокон коллагена, которые вплетены в кристаллы гидроксиапатита. Другие 10% составляют неколлагеновые белки (НКБ), липиды и углеводы [Арсланов, 1987].

Считается, что при жизни животного костный коллаген полностью заменяется в течение 5-20 лет, и это время зависит в основном от возраста и плотности скелетного элемента [Lee-Thorp 2008; Tykot, 2006]. В большинстве случаев для кости взрослой особи этот период составляет примерно последние пять-семь лет жизни. Исходя из этих данных, изотопный состав костного коллагена отражает усредненный рацион питания приблизительно за последнее десятилетие жизни животного, в том числе, и человека [Tykot, 2006; Святко, 2016].

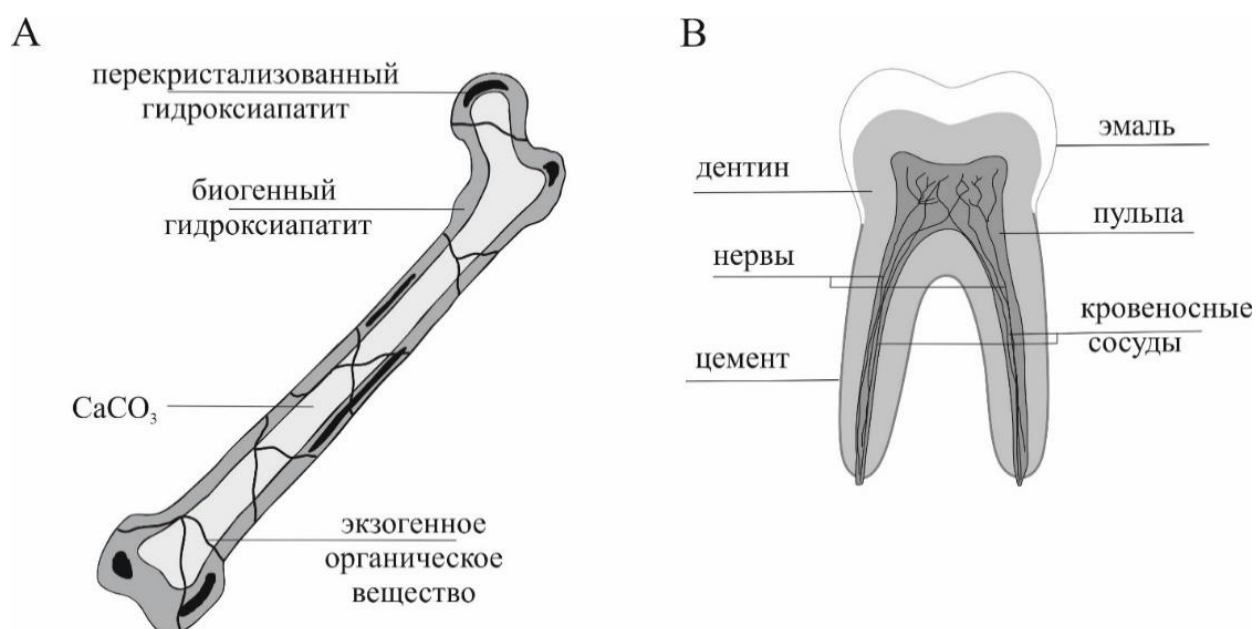


Рисунок 2.10 – Строение ископаемой кости и строение зуба

А. Расположение мест потенциальных диагенетических изменений на ископаемых костях и зубах. Карбонат кальция и экзогенное органическое вещество могут проникать в поры. Со временем слабокристаллический костный апатит перекристаллизуется с образованием более крупных и стабильных кристаллов [по данным Koch et al., 1994]. В. Строение зуба.



Строение зубов отличается от костной ткани (рисунок 2.10). Наиболее плотная и крепкая внешняя оболочка носит название «эмаль». Она практически полностью состоит из гидроксиапатита. Под эмалью имеется дентин, который состоит из минеральных (72% сухого вещества) и органических (18% сухого вещества) компонентов. В отличие от эмали дентин является живой тканью. Он построен из коллагеновых волокон со склеивающим их веществом, которые пронизаны системой дентинных канальцев.

На примере зубов человека их изотопная биогеохимическая информативность выглядит следующим образом. Как правило, ткани зуба взрослого человека не меняются после их формирования и, следовательно, сохраняют изотопный и химический состав, отражающий рацион питания в «подростковом» возрасте. Молочные зубы человека начинают развиваться внутриутробно и охватывают период от 15 недель после оплодотворения до примерно 3 лет после рождения, а постоянные зубы человека, за исключением третьих моляров, охватывают период от 0 до 16 лет. Третьи моляры, известные как зубы мудрости, формируются в последнюю очередь в период от 17 до 25 лет [Миронова, 2017]. Учитывая, что зубы обладают эмалью, которая наиболее устойчива к внешним процессам преобразования, то, как правило, дентин, благодаря «эмалевой защите», имеет лучшую сохранность, чем костная ткань. Поэтому при пробоотборе палеонтологического и зооархеологического материала предпочтение отдавалось опробованию зубной ткани.

### *2.2.2. Выделение и очистка коллагена для изотопного анализа*

В данной работе изотопный состав углерода и азота получен в 164 образцах костных и зубных тканей современной (85 образцов) и ископаемой фауны (70 образцов), а также антропологического материала (9 образцов). Методика выделения и очистки коллагена из костных и зубных тканей для изотопного анализа [Longin, 1971; Арсланов, 1987; Николаев, Рысков, Якумин,

2006] была адаптирована и реализована автором [Хубанова и др., 2017; Kradin et al., 2021; Khubanov et al., 2023]

Выделение костного и дентинного коллагена реализовано и произведено в лаборатории «Геохронологии и геохимии окружающей среды» ЦКП «Геоспектр» Геологического института им. Л.Н. Добрецова СО РАН (г. Улан-Удэ).

Навески отбираемого зубного и костного материала для C-N изотопного анализа варьировали от 0.5 до 4 граммов (рисунок 2.11). Весь отобранный материал вначале очищался щеткой, промывался в дистиллированной воде, в том числе в ультразвуковой ванне, и сушился на открытом воздухе. Для расчёта выхода коллагена каждый образец взвешивался на аналитических весах модель ATL-220d4-I, производства Acculab (США) (класс точности специальный (I)). Далее образцы замачивались в хлористом метиле ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) на 24 часа для обезжиривания (из расчета 24 мл на один образец (2-4 гр.). Костная ткань и дентин современных животных имеют большую степень жировой ткани, поэтому их обезжиривание проводилось двукратно. Затем после высушивания материал обрабатывался по модифицированной методике Лонджина [Longin, 1971; Арсланов, 1987; Николаев, Рысков, Якумин, 2006].

Данная методика включала следующие этапы:

1. Деминерализация в 0.5М растворе HCl в течение 3-5 дней, до размягчения костной ткани и прекращения реакции на карбонаты. Следует отметить, что в зависимости от сохранности материала раствор HCl регулировался от 0.5М до 0.25М (при средней сохранности костного материала, концентрация раствора уменьшается). Далее полученный материал промывался в дистиллированной воде до нейтрального pH.

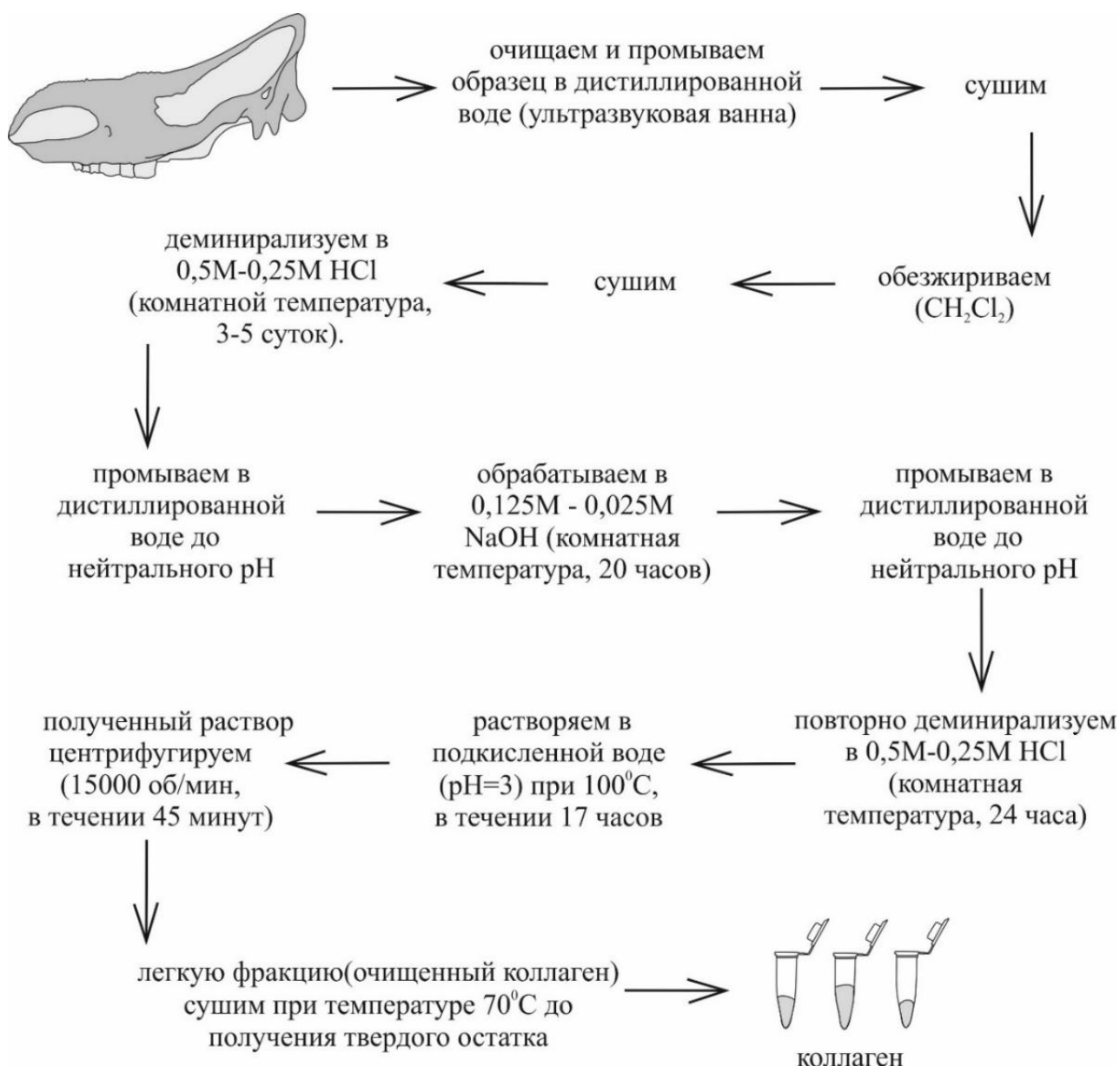


Рисунок 2.11 – Блок – схема выделения коллагена из костных и зубных (дентин) остатков

2. Очищение коллагена от липидов и гуминовых кислот посредством выдерживания в 0.125М растворе NaOH течение 20 часов при комнатной температуре. В зависимости от сохранности образца раствор также регулировался от 0.125М до 0.025М. Затем материал промывался до нейтральных вод в дистиллированной воде.

3. Повторное выдерживание образца в HCl (0.5М – 0.25М, такая же концентрация как на первом этапе) на 24 часа при комнатной температуре. Эта процедура проводилась для удаления углекислоты, которая могла поступить со

щелочью. После чего образец промывался в дистиллированной воде примерно до трех раз, чтобы достичь слабокислой реакции ( $\text{pH} \sim 3$ ) при проверке лакмусовым индикатором.

4. Растворение минерального остатка в слабой соляной кислоте при  $100^\circ\text{C}$  в течение 17 часов. Затем полученный коллоидный раствор разделялся на тяжелую и легкую фракции с помощью центробежного ускорения на центрифуге ELMi CM-50 (Латвия) при скорости 15000 об/мин в течение 45 минут.

5. Далее легкая фракция (очищенный коллаген) высушивалась в сушильном шкафу при температуре  $70^\circ\text{C}$  до получения твердого остатка.

6. Очищенный коллаген взвешивался на аналитических весах и рассчитывался относительный выход коллагена ( $Y_{\text{колл}}$ , wt%) по формуле:

$$Y_{\text{колл}} = M_{\text{колл}}/M_{\text{кост}} * 100\%,$$

где  $M_{\text{кост}}$  – масса навески костной или зубной ткани и  $M_{\text{колл}}$  – масса коллагена.

### 2.3. Метод анализа стабильных изотопов углерода и азота

Изотопный анализ проб очищенного коллагена проводили с использованием элементного анализатора Flash EA 1112 («Thermo Finnigan», Германия), системы коммутации газовых потоков ConFloIV и масс-спектрометров Thermo Finnigan MAT 253 и Delta V Advantage.

#### 2.3.1. Процедура работы элементного анализатора Flash EA 1112

Образцы сухого коллагена плотно упаковывали в контейнеры из алюминиевой фольги в форме цилиндрических капсул и взвешивались на микровесах Mettler Toledo MX-5. Затем образцы помещались в автосамплер (устройства для ввода пробы, позволяющий проводить анализ без участия оператора) элементного анализатора, откуда образец по сигналу от управляющего программного обеспечения падает сначала в шлюзовую камеру,

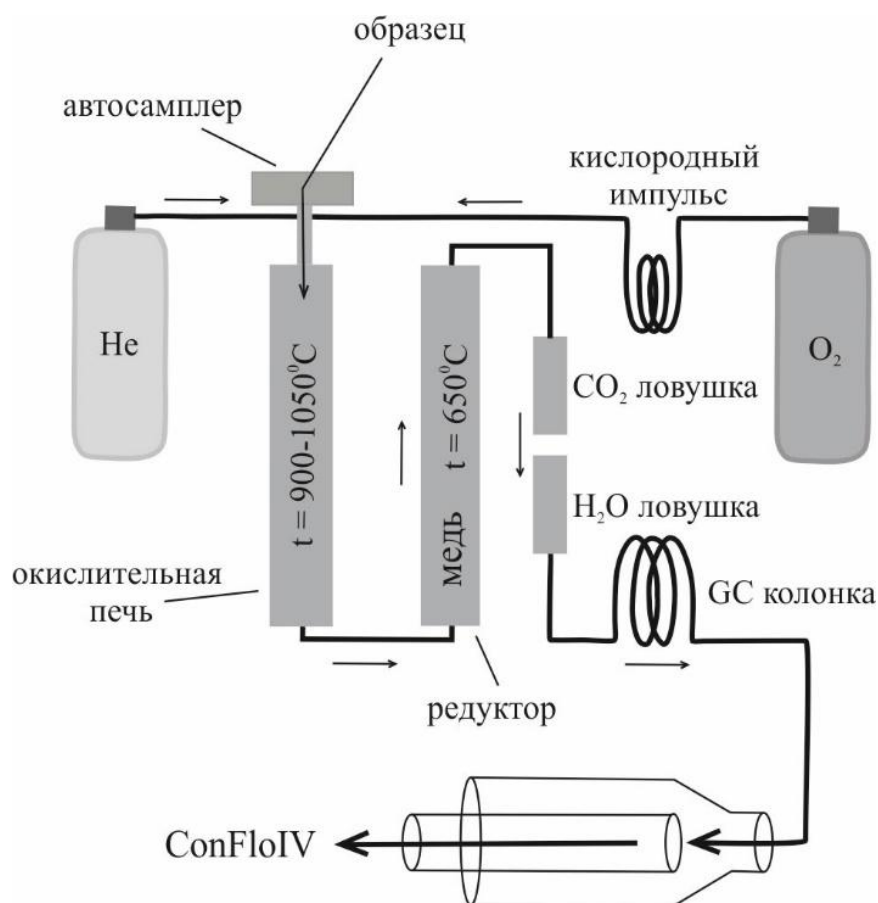
продуваемую непрерывным потоком гелия и кислородом, а потом, после удаления воздуха – в вертикальную кварцевую трубку (реактор сгорания). В реакторе при температуре 900-1050°C, в потоке смеси гелия и кислорода, образцы вместе с контейнером окисляются (сгорают). Количественная конверсия достигается путем пропускания смеси газов через слой катализатора  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  или  $\text{CuO}$ . Затем газы сгорания поступают в зону, наполненную металлической проволокообразной медью с относительно большой площадью активной поверхности, где при температуре 650°C происходит поглощение, не прореагировавшего избыточного кислорода и восстановления оксидов азота до элементного азота. После восстановительной зоны смесь реакционных газов попадала в водоотделитель, заполненный ангидроном  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$  и далее в хроматографическую колонку, где происходило разделение на отдельные газообразные продукты, которые выделяются из колонки поочередно: сначала  $\text{N}_2$ , затем  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$  (рисунок 2.12). Полученные газы поступали в ConFloIV, разбавлялись в нем до нужной степени, а затем передавались в масс-спектрометр (IRMS), для анализа изотопного состава.

### 2.3.2. Устройство и принцип работы системы ConFloIV

Система ConFloIV предназначена для передачи  $\text{CO}_2$  из элементного анализатора Flash EA 1112 в IRMS. Кроме этого, через систему ConFloIV в масс-спектрометр передается углекислый газ известного изотопного состава (стандарта) из баллона и гелий для разбавления  $\text{CO}_2$  в зависимости от условий анализа (рисунок 2.13). При высокой концентрации углекислого газа его можно разбавить гелием для повышения точности анализа, а при низкой концентрации – сконцентрировать.

В системе установлены 6 редукторов тонкой регулировки, которые соединены стальными капиллярами с баллонами газов-стандартов. Внутри ConFloIV находятся два кварцевых стаканчика, в которые подаются и откачиваются газы. Стаканчики расположены дном вверх, поскольку основным рабочим веществом является гелий, который в 7 раз легче воздуха. В каждом

стаканчике, в верхней части находятся кварцевые капилляры, через которые гелий (или смесь углекислого газа с гелием) поступает в вакуумную камеру масс-спектрометра. Стаканчики постоянно промываются гелием для предотвращения попадания  $\text{CO}_2$  из воздуха. В один стаканчик по капиллярам подается  $\text{CO}_2$  из баллона, в другой смесь углекислого газа и гелия из Flash EA 1112. Пневматическим механизмом изменяется высота, на которую подняты капилляры и, следовательно, изменяется и количество углекислого газа, попадающее из масс-спектрометра. Получается, с помощью этого механизма мы можем разбавлять или полностью перекрывать поступление углекислого газа. Степень разбавления газов задается с помощью программного обеспечения.



открытый разделительный интерфейс

Рисунок 2.12 – Устройство элементного анализатора Flash EA 1112 [по данным Finnigan Elemental Analyzer Operating Manual]

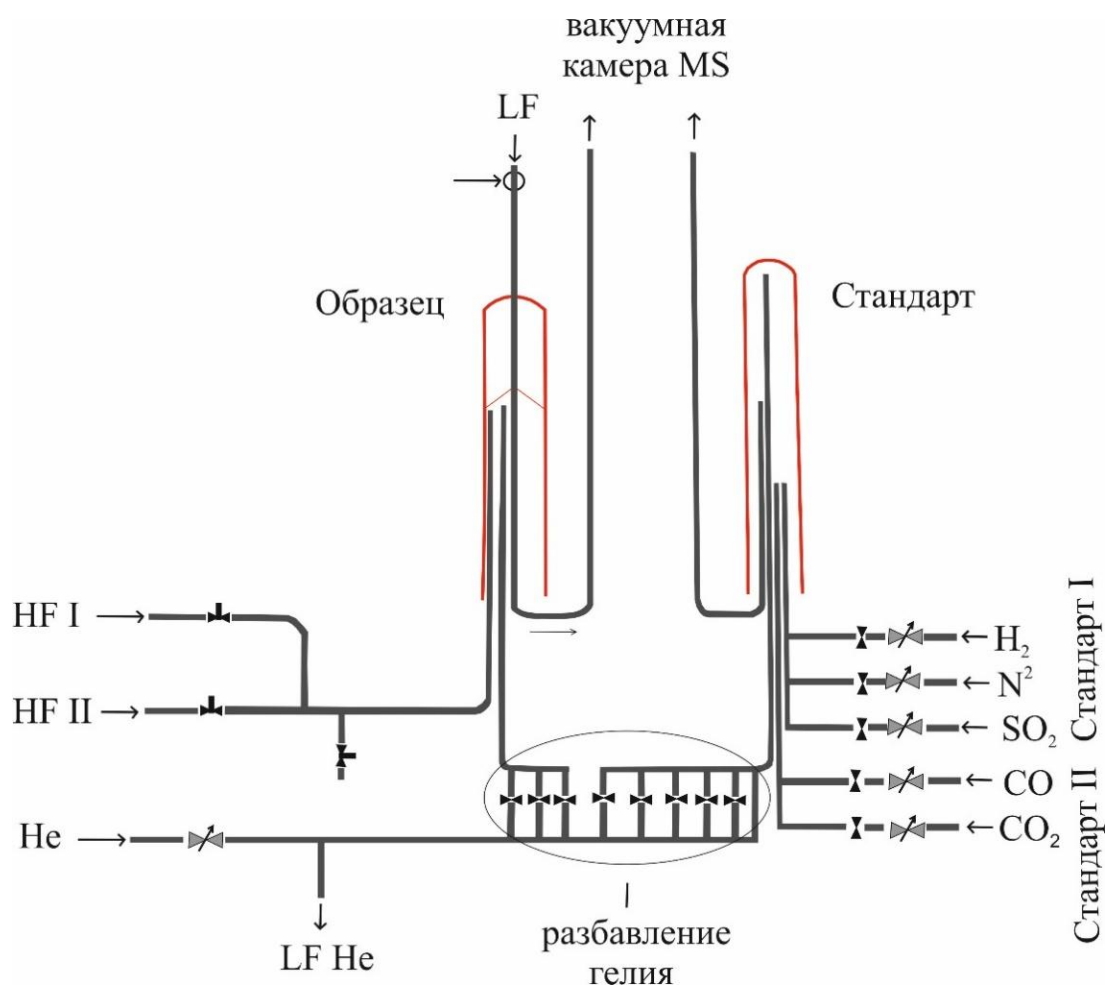


Рисунок 2.13 – Принцип процесса разбавления-концентрирования в ConFloIV  
[по данным ConFlo IV Operating Manual]

LF - периферийное устройств с низким расходом газа, HF - периферийное устройств с высоким расходом газа.

### 2.3.3. Принцип работы масс-спектрометра Finnigan MAT 253 и Delta V Advantage

Масс-спектрометрия – это физический метод измерения отношения массы заряженных частиц (ионов) к их заряду.

Принцип действия масс-спектрометра основан на пространственном разделении различающихся по массе предварительно ионизированных молекул. Исследуемый газ подается в источник ионов, в котором нейтральные молекулы ионизируются пучком электронов, высокочастотным электромагнитным полем или электрическим разрядом. В результате ионизации в пучке будут

присутствовать ионы с одинаковыми зарядами (положительными), но с разными массами. В электрическом поле, полученные ионы ускоряются при напряжении 3000-20000 В до получения одной и той же кинетической энергии. Затем частицы попадают в магнитное поле анализатора, силовые линии которого направлены перпендикулярно движению. Под действием поля траектория движения частиц искривляется, и ион начинает двигаться по окружности, радиус которой пропорционален величине  $m/z$ . Ионы с меньшим значением  $m/z$  отклоняются сильнее, чем более тяжелые, т.е. траектории этих частиц разойдутся (рисунок 2.14). Выставив детекторы (коллекторы) в нужные позиции, т.е. при заранее известном поле, можно измерить одновременно потоки нескольких частиц.

Масс-спектрометры Finnigan MAT 253 и Delta V Advantage являются многоколлекторными, т.е. для измерения изотопов данного элемента в нем используются несколько коллекторов и измерение всех изотопов может происходить одновременно. Высокая точность изотопного анализа обеспечивается проведением его в высоковакуумной камере. Быстрое переключение магнита с одной массы на другую позволяет анализировать до трех изотопных отношений разных элементов для одной пробы.

Частицы, прошедшие через ионизатор, идентифицируются на детекторах, которые называют чашками Фарадея. Сигналы, полученные от детектора, усиливаются и преобразовываются.

Например, во время проведения анализа изотопного отношения углерода ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) частицы углекислого газа с разными массами – 44, 45, 46 (т.к. имеют разные изотопы углерода) и кислорода разбавляются инертным газом гелием. Затем частицы попадают в вакуумную камеру, где ионизируются ионным источником до заряда +1 и затем перемещаются на чашки Фарадея, которые установлены так, чтобы на нее попадали частицы только одной массы. Далее преобразованный электрический сигнал от каждой чашки поступает на компьютер и обчисляется (рисунок 2.15).



Модели Delta V Advantage и MAT 253 отличаются между собой конструкцией источников ионизации, магнитных анализаторов и коллекторных систем.

Источник ионизации у масс-спектрометров Delta V Advantage и MAT 253 имеет газонепроницаемую конструкцию. Газ-образец поступает в ионизационную камеру через переключающий клапан или игольчатый клапан с ручным управлением у Delta V Advantage, а у MAT 253 – через керамическую трубку, а выходит в том и в другом случае только через небольшие отверстия. Они необходимы для прохода электронного пучка и ионов, выходящих в анализатор. Проводимость этих отверстий намного ниже скорости откачки вакуумных насосов. Таким образом, давление внутри ионизационной камеры примерно в 100 раз выше, чем снаружи, что приводит к высокому выходу ионов. Ионы генерируются в источнике путем ионизации электронным ударом. Ионизирующие электроны испускаются термоионным катодом. Ток эмиссии у Delta V Advantage поддерживается постоянным с помощью платы управления источником ионов, а у MAT 253 с помощью блока регулятора эмиссии. Дополнительной функцией источника ионизации у MAT 253 является переменная проводимость источника ионов (ППИИ) или «окно серы». При установленном ППИИ проводимость источника ионов можно изменять снаружи, не нарушая вакуум.

Масс-спектрометр Delta V Advantage, комплектуются магнитным анализатором со 100 % пропусканием ионов благодаря эффективной Y-фокусировке с целью минимизации магнитных концевых полей. Радиус отклонения для ионов составляет 191 мм.

Модель Delta V Advantage имеет универсальный тройной коллектор (одна узкая и две широких чашки) для изотопных определений N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>, а для определения D/H доступны два специальных коллектора Фарадея. Каждая чашка коллектора имеет свой собственный усилитель, а резистор обратной связи усилителя может быть согласован с распространенностью изотопа,

который должен быть собран в этой чашке. Каждая чашка коллектора и ее усилитель подключены к преобразователю напряжения в частоту. Для поддержки десяти чашек Фарадея можно использовать и десять усилителей.

В качестве анализатора масс для Finnigan MAT 253 используется магнитный секторный анализатор со стигматической фокусировкой и 100 % пропусканием ионов и также самой большой дисперсией среди всех газовых IRMS (460 мм), что является основным из аналитических характеристик и прочности MAT 253.

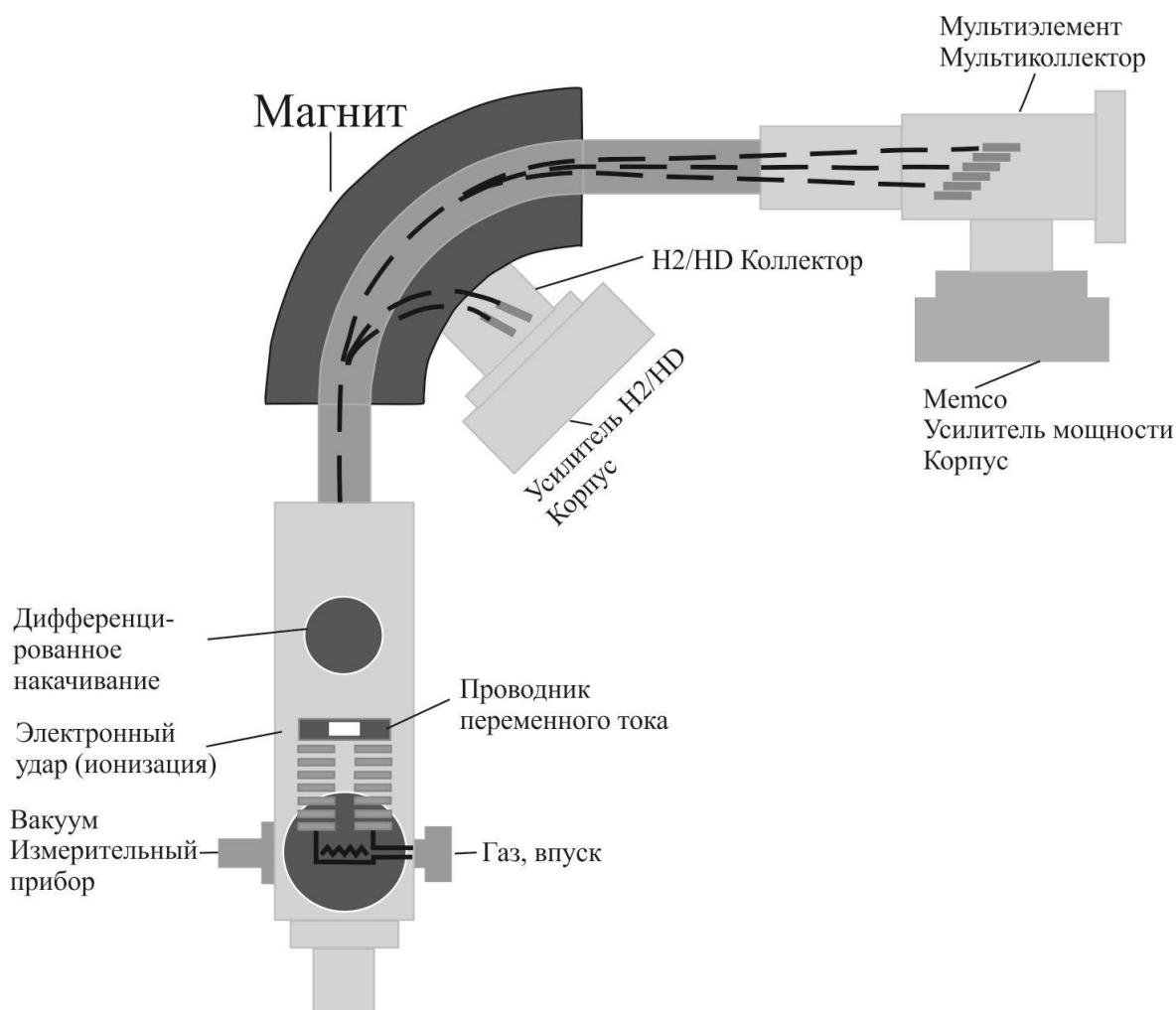


Рисунок 2.14 – Устройство масс-спектрометра [по данным Thermo Scientific MAT 253 Operating Manual]

В состав модели Finnigan MAT 253 входит универсальная коллекторная система с пятью изолированными коллекторами Фарадея и дополнительно Finnigan MAT 253 может комплектоваться коллекторами для регистрации

практически любых масс в рабочем диапазоне массовых чисел (до 8 чашек Фарадея). Коллекторы предназначены для измерения  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ,  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  (из  $\text{SO}_2$  и  $\text{SF}_6$ ),  $^{28}\text{Si}/^{29}\text{Si}$ , Ar, Kr и Xe и расположены в фокальной плоскости полного радиуса отклонения. Дополнительные коллекторы для изотопов водорода (массы 2 и 1) расположены на меньшем радиусе отклонения.

По некоторым важнейшим техническим характеристикам масс-спектрометры имеют отличия. Например, динамический диапазон у модели MAT 253 составляет от 1 до 150 а.е.м. (дальтон) и от 1 до 80 а.е.м. для Delta V Advantage. Разрешающая способность M/DM, (на уровне 10% от максимальной интенсивности пика m/z 44) наиболее высокая у MAT 253 (не менее 200) по сравнению с Delta V Advantage (не менее 95). Чувствительность (молекул/ион), ( $\text{CO}_2$  массовое число 44 а.е.м, двойная система напуска) для модели Delta V Advantage составляет не более 1200 молекул/ион, для модели MAT 253 – не более 800 молекул/ион

#### *2.3.4. Особенности расчета изотопных отношений и концентраций углерода и азота*

Полученные изотопные данные были выражены в виде значений  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$  в промилле (‰):

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

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

Значения  $\delta^{13}\text{C}$  в образце рассчитывалось относительно изотопного состава «венского» эквивалента белемнита Pee Dee формации (VPDB) и  $\delta^{15}\text{N}$  – атмосферного воздуха. Также в качестве контрольных образцов анализировались международные (USGS 40, IAEA-N-1) и внутрилабораторные эталонные образцы (MCA-7, MCA-8) (Таблицы 1.1; 1.2; 1.3; 1.4). Погрешность определения изотопных отношений составляла ( $1\sigma$ )  $\pm 0.2\text{‰}$  для  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$ .

Процентное содержание углерода (C, %) и азота (N, %) рассчитывается относительно контрольного внешнего стандарта USGS40 (L-Glutamic acid,

глутаминовая кислота,  $C_5H_9NO_4$ ), в котором концентрация углерода 40,82% и азота 9,52%, по формулам:

$$N_{\text{обр}} = S_{N_{\text{обр}}} * N_{\text{станд}} / S_{N_{\text{станд}}} * M_{\text{станд}} / M_{\text{обр}}$$

$$C_{\text{обр}} = S_{C_{\text{обр}}} * C_{\text{станд}} / S_{C_{\text{станд}}} * M_{\text{станд}} / M_{\text{обр}}$$

где,  $S$  – это сигнал интенсивности азота (N) или углерода (C) образца (обр) или стандарта (станд);  $N$  – процентное содержание азота в образце (обр) или стандарте (станд);  $C$  – процентное содержание углерода в образце (обр) или стандарте (станд);  $M_{\text{станд}}$  – масса навески стандарта,  $M_{\text{обр}}$  – масса навески образца.

Для оценки степени сохранности коллагена в ископаемых костях использовалось соотношение  $C/N$ , которое должно быть в интервале от 2.9 до 3.6 [DeNiro, Schoeniger, 1983; DeNiro, 1985; Ambrose, 1990; Brown et al., 1988; Bocherens et al., 1994, Bocherens et al., 2013].

## 2.4. Статистический анализ

Для статистического сравнения изотопных составов костных и зубных тканей травоядных животных из различных современных экосистем использовали средние значения, рассчитанные с помощью метода байесовской загрузочной платформы (Bayesian bootstrap) [Rubin, 1981]. Алгоритм реализован в среде R [Baath, 2018]. Данный метод хорошо подходит для расчета статистических показателей (среднеквадратичного отклонения и квартилей, включая медиану) в случае небольших выборок. Дополнительно, визуализация с помощью боксдиаграмм удобна для сопоставления данных.

Поскольку количество изотопных данных небольшое, то также был использован непараметрический метод сравнения Mann-Whitney U test. Данный подход позволяет сопоставить две независимые малые выборки и представляет собой непараметрическую альтернативу t-критерию Стьюдента [Mann, Whitney, 1947].

Следует отметить, что применительно к изотопным характеристикам ископаемого материала эти статистические подходы не применялись из-за ограниченного количества данных, а также из-за того, что изначально мы не имеем достоверных данных об ландшафтно-климатических условиях обитания того или иного животного в прошлом.

## 2.5. Резюме

При исследованиях был применен комплекс методов, включающий морфологическое изучение костных и зубных тканей, а также изотопный анализ углерода и азота.

Морфологическое описание современных и ископаемых костных останков базировалось на сравнительно-анатомическом и морфометрическом (биометрическом) методах согласно справочникам-определителям и рекомендациям В.И. Громовой [Громова, 1949; 1950; 1953; 1960; 1962], Н.В. Гарутт [Гарутт, 1998], Р. Кальке и Ф. Лакомбат [Kahlke, Lacombat, 2008], А.В. Шпанского и Г.Г. Боескорова [Шпанский, Боескоров, 2018], К. Герена [Guerin, 1980], фон ден Дриш [von den Driesch, 1976], а также использовались коллекции ГАУК РБ «Кяхтинского краеведческого музея им. акад. В. А. Обручева», ГАУК РБ "Национального музея Республики Бурятия, Геологического музея ПГО "Бурятгеология", Музея БНЦ СО РАН Республики Бурятия.

Навески отбираемого зубного и костного материала для изотопного анализа углерода и азота варьировали от 0,5 до 4 граммов. Пробоподготовка включала в себя: деминерализацию в 0.5 М растворе HCl в течение 3-5 дней, до размягчения костной ткани и прекращения реакции на карбонаты; очищение коллагена от липидов и гуминовых кислот посредством выдерживания в 0.125 М растворе NaOH течение 20 часов; разделение полученного коллоидного раствора на тяжелую и легкую фракции с помощью центробежного ускорения;

осушение легкой фракции (очищенный коллаген) при температуре 70°C до получения твердого остатка.

Изотопный анализ проб очищенного коллагена проводился на элементном анализаторе Flash EA 1112 («Thermo Finnigan», Германия) в линии с изотопными масс-спектрометрами Thermo Finnigan MAT 253 (аналитик Посохов В.Ф., ЦКП «Геоспектр» Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ) (Канакин и др., 2022) и Delta V Advantage (аналитик Смолева И.В., ЦКП «Геонаука», Институт геологии им. Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар).

Для статистического сравнения изотопных составов костных и зубных тканей травоядных животных из различных современных экосистем были использованы средние (медианные) значения, рассчитанные с помощью метода байесовской загрузочной платформы (Bayesian bootstrap) [Rubin, 1981]. Проверка статических выводов проведена с помощью непараметрического метода сравнения Mann-Whitney U test [Mann, Whitney, 1947].

### ГЛАВА 3. СОВРЕМЕННОЕ ЛАНДШАФТНОЕ И ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ МОНГОЛИИ И ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

#### 3.1. Ландшафты (экосистемы) и отбор материала

В основу районирования территории на природные зоны (рисунок 3.1) положены схемы распространения ландшафтов (экосистем), разработанные предшественниками [Атлас Забайкалья, 1967; Экологический атлас бассейна..., 2015; Atlas of ecosystems..., 2019, Эколога-географический атлас ..., 2019]. Настоящими исследованиями были охвачены следующие основные экосистемы: пустыня, полупустыня, степь, лесостепь, лес (тайга).

Зоны пустынь и полупустынь занимают около 40% территории Внешней Монголии и представляют собой северную часть пустыни Гоби (рисунок 3.1). Рельеф сочетает равнины разной высоты, низкие и средневысотные горы, а также пустынные предгорья гольцов [Симуков, 2007; Петухов и др., 2018]. Климат характеризуется средним количеством осадков от 50 до 150 мм в год с неравномерным их распределением в течение года при среднегодовой температуре воздуха от +4 до +8°C в пустыне и от 0 до +4°C в полупустыне. Лето сухое и теплое в пустыне, засушливое и умеренно-прохладное в полупустыне, в обоих случаях с холодной зимой [Петухов и др., 2018; Atlas of ecosystems..., 2019].

По ботанико-географическому районированию зона пустынь включает в себя различные пустынные, петрофитные и псаммофитные степи со слабо-гумусовыми светло-бурыми и серо-бурыми засоленными почвами, на которых доминируют многолетние растения (*Stipa gobica*, *S. Glareosa*, *Allium*, *Krascheninnikovia ceratoides*) и широко распространены мелкие кустарники

(*Anabasis brevifolia*, *Nanophyton erinaceum*, *Ephedra*, short *Haloxylon*, *Potania*, *Artemisia terrae-albae*).

На сильно засоленных почвах распространение получают такие роды и виды растений, как *Kalidium*, *Haloxylon*, *Reaumuria*, *Caroxylon passerina*, *Brachanthemum*, *Nitraria*.

Зона полупустынь охватывает сухие и пустынные степи с доминированием светло-каштановых почв, а также бурых песчаных почв, песком и нередко засоленных почв. Здесь в основном произрастают следующие растительные сообщества: полынно-дерновиннозлаковые, разнотравно-ковыльные (*Stipa*, *Cleistogenes*, *Agropyron*) с кустарником (*Caragana*), ковыльно-змеевковые, нанофито-полынные, луково-ковыльные (*Stipa glareosa*), а также разнотравно-ковыльные с Аянией, луковыми и ежовником (*Anabasis*). На бурых солонцеватых почвах произрастают разнотравно-ковыльные (*Stipa gobica*, *Stipa glareosa*) с многолетними солянками (*Salsola passerine*, *Reaumuria songarica*) и ковыльно-луковые растительные сообщества.

Зона степей занимает большую часть северной половины Внешней Монголии, а также имеет место в южной и центральной части Западного Забайкалья. В ней располагаются Хангайский хребет, предгорья Хэнтэйского хребта, Восточно-Монгольскую равнину и межгорные впадины бассейна среднего и нижнего течения р. Селенга в Забайкалье. Климат резкоконтинентальный, где среднегодовая температура воздуха от -2°C до +4°C со среднегодовым количеством осадков 150-400 мм. Лето умеренно засушливое и прохладное, зима суровая.



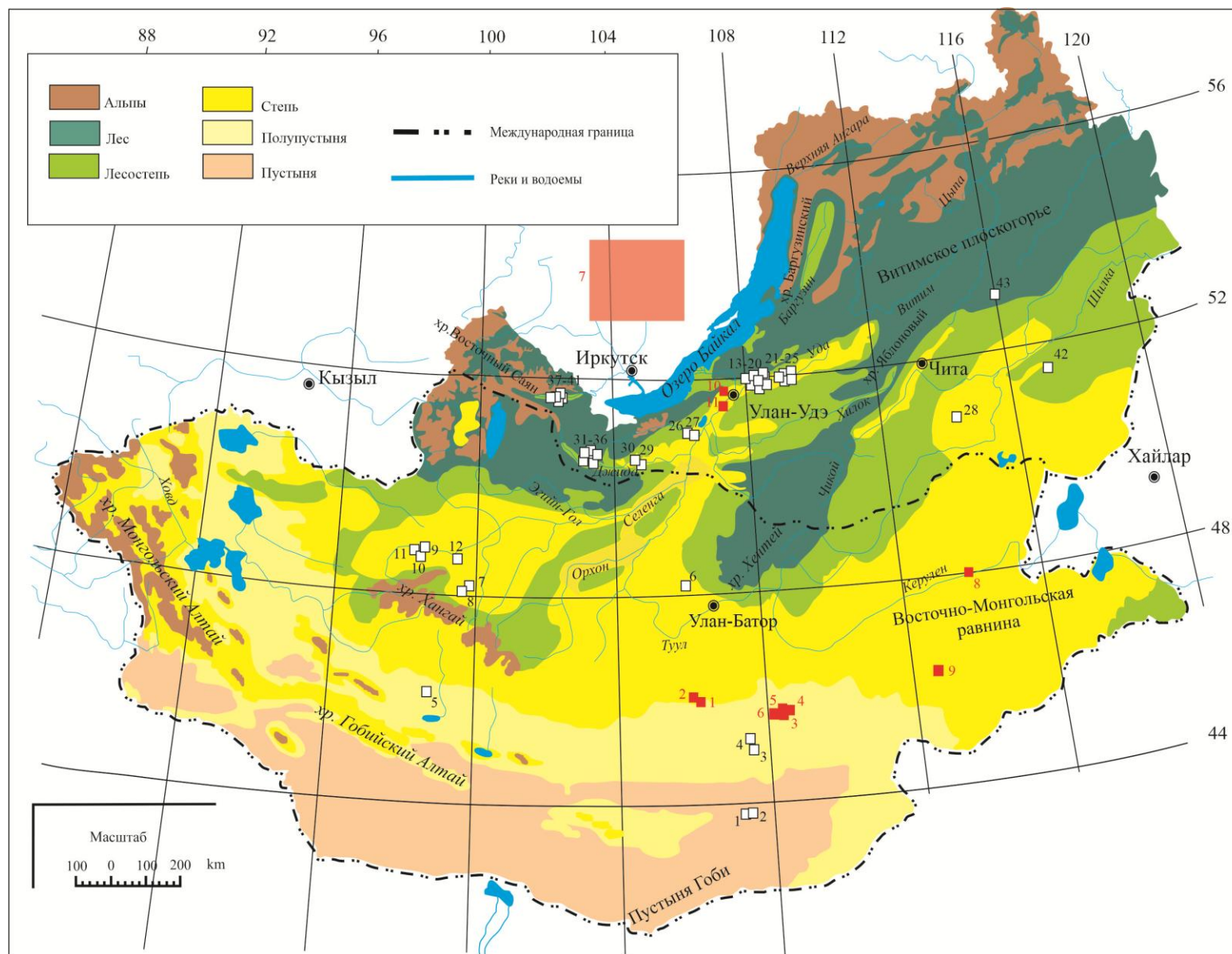


Рисунок 3.1 – Географическое расположение местонахождений сбора образцов для изотопных исследований. Ландшафтные зоны Монголии и Западного Забайкалья (Российская Федерация) [по данным Атлас Забайкалья, 1967; Экологический атлас бассейна..., 2015; Atlas of ecosystems..., 2019; Эколого-географический атлас ..., 2019]

Участки исследования представлены в виде квадратов: белый цвет – данное исследование (см. таблицу 3.1); красный — исследования других авторов (см. таблицу 3.3): 1 — *Capra sibirica* [Makarewicz, Tuross, 2006], 2 — *Ovis aries* [Makarewicz, Tuross, 2006], 3 — *Bos taurus*, 4 — *Capra sibirica*, 5 — *Ovis aries*, 6 — *Equus ferus caballus* [Davie et al., 2014]; 7 – *Capreolus pugargus* и *Moschus moschiferus* [Weber et al., 2011]; 8-11 – растения [Дамбаев и др., 2016]: Дорнодский аймаг (8), Сухэ-Баторский аймаг (9), Мухоршибирский район (10), Иволгинский район (11)

Данная зона включает в себя умеренно сухие степи и луговые степи. Первые характеризуются доминированием темно-каштановых почв, с включениями чернозема со следующими типами растительности: разнотравно - корневищной (*Stipa*, *Leymus*, *Festuca*, *Carex*) с кустарниками (*Caragana*), разнотравно-овсяницевой (*Festuca* ssp.) с полынями и с кустарниками (*Caragana*, *Amygdalus*).

Луговые степи развиты на черноземах, бескарбонатных и тундровых торфянисто-глеевых почвах, а также на песчаных почвах с разнотравьем (*Filifolium sibiricum*), полынями и кустарниками, такими как *Armeniaca sibirica*, *Ribes* ssp., *Ulmus pumila*.

Подчиненное значение имеют опустыненные степи, развивающиеся на супесчаных и щебнисто-супесчаных почвах с богатыми разнотравно-житняково-ковыльными растительными сообществами (*Serratula centauroides*, *Astragalus brevifolius*, *Cleistogenes squarrosa*, *Asterothamnus heteropappoides*, *Vincetoxicum sibiricum*, *Agropyron cristatum*, *Stipa glareosa*, *S. Krylovii*) и кустарниками (*Krascheninnikowia ceratoides*, *Caragana bungei*).

Лесостепная зона распространена в северной части Внешней Монголии и в южной половине Забайкалье. Она преимущественно занимает предгорья и отроги горных хребтов, где склоны северной экспозиции покрыты лесами, южные представляют остепенённый ландшафт и/или луга.

Для лесостепной и лесной зоны Забайкалья характерна среднегодовая температура воздуха около -2,5°C в лесостепном и от -2°C до -6°C в лесном поясах, в гольцовом (на хребтах периферии плоскогорья) - от -7°C до -11°C, со среднегодовым количеством осадков от 400-600 мм в лесостепи и до 800-1200 мм в горной тайге и гольцах [Бойков и др., 2002; Осипов, 2005; Болданов, Мухин, 2019; Экологический атлас бассейна..., 2015].

В лесистой местности преобладают буроцветные, подзолистые грубоскелетные и дерново-карбонатно-выщелоченные почвы. Древесная растительность представлена: кедром, елью, лиственницей и ерником (*Betula rotundifolia*) с кустарниками (*Rhododendron parvifolium*, *Vaccinium vitis-idaea*,

*Duschekia fruticosa*, *Ledum palustre*, *Calamagrostis lapponica*), лиственницей с берёзой, растопыренной (*Betula middendorffii*) и с березкой тощей (*B. exilis*) и елью с лиственницей. Травянистая растительность представлена следующими видами: *Pedicularis verticillata*, *Delphinium crassifolium*, *Carex amgunensis* с лишайниками *Rhytidium rugosum*, *Geum aleppicum*, *Crepis praemorsa*, *Euphorbia jennisseiensis*, *Crepis praemorsa*, *Anemone crinita*, *Saussurea controversa*. Заболоченные участки имеют торфяно-болотные почвы, растительность которых составляют кустарники (*Vaccinium uliginosum*, *Chamedaphne calyculata*), осоки (*Carex meyeriana*) и гипновые (*Drepanocladus vernicosus*, *Drepanocladus sendtneri*, *Meesia triquetra*) с травяно-моховыми сообществами *Tomenthypnum nitens*, *Tuidium abietinum*, *Rhytidium rugosum*, *Carex dioica*, *Carex limosa*, *Caltha palustris*, *Equisetum fluviatila*, *Cicuta virosa*, *Epilobium palustre*.

Луговые и остепненные площади имеют черноземные, темно-каштановые и реже тундровые торфянисто-глеевые почвы. Луговые сообщества представлены следующей растительностью: *Leymus secalinus*, *Poa pretensis*, *Elytrigia repens*, *Agrostis mongolica*, *Bromus secalinus*, *Sanguisorba officinalis*, *Medicago falcata* с кустарниками (*Salix microstachya*, *Hippophae rhamnoides*, *Ulmus pumila*) и тополем (*Populus laurifolia*), с осокой и вейником. В степных участках доминирует богато-разнотравная растительность: *Rhinactinidia eremophylla*, *Peucedanum morisonii*, *Dracocephalum foetidum*, *Oxytropis oligantha*, *Saussurea sajanensis*, *Potentilla fragarioides*, *Agropyron cristatum*, *Festuca lenensis*, *Stipa capillata*, *Stipa krylovii*, *Leymus chinensis*, *Bupleurum scorzoniferifolium*, *Galium verum*, *Aconogonon angustifolium*, *Oxytropis filiformis*, *Astragalus melilotoides*.

Зона леса охватывает относительно небольшие площади на севере Внешней Монголии и имеет широкое распространение в Забайкалье. Лесные зоны развиты вдоль горных хребтов и в пределах Витимского плоскогорья. Доминируют дерново-лесные буроцветные, торфяные и подзолистые почвы. Растительность состоит из *Pinus sibirica*, лиственничного и соснового леса:

пихтовые (*Pinus sibirica*) и еловые сообщества с мителлой голой (*Mitella nuda*), седмичником европейским (*Trientalis europaea*), звездчаткой Бунге (*Stellaria bungeana*) и мхами (*Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*) с баданом толстолистным (*Bergenia crassifolia*). Среди кустарниковой и травянистой растительности развиты: черника (*Vaccinium myrtillus*), багульник болотный (*Ledum palustre*), бадан толстолистный, осока Ильина (*Carex iljinii*). Болота представлены кустарниковой (*Vaccinium uliginosum*, *Chamedaphne calyculata*) растительностью с осокой Мейера (*Carex meyeriana*) и мхами (*Drepanocladus vernicosus*, *Drepanocladus sendtneri*, *Meesia triquetra*)

Гольцовый пояс занимает водоразделы хребтов Монгольский Алтай, Хангай, Восточный Саян, Баргузин и Северного Забайкалья. В ботанико-географическом плане это тундры и редколесья с глеевыми и тундровыми почвами. Среди растительности тундры преобладают лишайники (*Cladonia alpestris*, *C. sylvatica*, *C. rangiferina*), кустарники (*Betula rotundifolia*, *Rhododendron aureum*, *Salix glauca*, *Empetrum sibiricum*, *Cassiope ericoides*), травы (*Festuca ovina*, *Carex ensifolia*, *Pedicularis oederi*, *Calamagrostis lapponica*, *Carex globularis*, *C. ensifolia*, *Hierochloa alpina*). Растительность редколесья представлена *Pinus sibirica*, лиственнично (*Larix sibirica*) - *Pinus sibirica* – ерниковыми (*Betula rotundifolia*) сообществами с кустарниками (*Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium uliginosum*), мхами (*Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi*) и лишайниками (*Cladonia turgida*, *Cladonia uliginosa*).

В Монголии отбор проб проводился в пустынных (Южно-Гобийский аймак), полупустынных (Средне-Гобийский и Баянхонгорский аймаки) и степных (Центральный, Архангайский и Дзабханский аймаки) ландшафтных зонах. В Забайкалье образцы были взяты в степных (Заиграевский, Хоринский и Селенгинский районы Республики Бурятия, Агинский район Забайкальского края), лесостепных и лесных (Джидинский, Закаменский и Тункинский районы Республики Бурятия, Тунгокоченский и Балейский районы Забайкальского края) ландшафтных системах. Опробование остатков домашних животных в

лесостепной и лесной зонах проводилось на открытых пастбищах (степных или луговых) вблизи населенных пунктов.

Опробованы зубные и костные ткани (дентин, кость) травоядных животных *Bos taurus* (бык), *Equus ferus caballus* (лошадь) и *Ovis aries* (баран). Подъем материала проводился с дневной поверхности. Предпочтение отдавалось образцам лишенных мышечной и хрящевой ткани, которые по внешним признакам (цвет, целостность, твердость и плотность материала, отсутствие признаков наложения вторичной карбонатизации и др.) имели удовлетворительную сохранность. В основном отбирался зубной материал, поскольку он оказался более доступным в сочетании с частями челюстной кости позволял точно идентифицировать вид животного. Кроме того, костные ткани, в отличие от зубных, довольно уязвимы к вторичным изменениям при фоссилизации и диагенезе, что может существенно исказить первичный изотопный состав [Lee-Thorp, 2008; Пидопличко и др., 1952].

### 3.2. Изотопно-геохимическое районирование

В общей сложности исследован изотопный состав 43 проб (таблица 3.1). Почти для всех образцов фиксируются атомные соотношения углерода к азоту ( $C/N_{at}$ ) в диапазоне от 2.9 до 3.6, что свидетельствуют об удовлетворительной сохранности коллагена [Ambrose, 1990; Святко, 2016]. Исключение составляют пробы MNG-05-16, C14(14)-2, C19(14)-1, C15(14)-2 и C10(14), для которых предполагается изменение первичного изотопного состава под воздействием вторичных процессов. Процентное содержание углерода (C, %) и азота (N, %) находятся в рамках диапазона для хорошо сохранившегося коллагена и составляет не менее 16.4% и 7.4%, соответственно [Ambrose, 1990].

#### 3.2.1. Изотопный состав углерода

**Пустыни и полупустыни (сухие степи).** Наиболее утяжеленные значения отношения изотопов углерода наблюдаются у травоядных животных,

обитающих в пустынных и полупустынных ландшафтах (рисунок 3.2, таблица 3.1) Значения отношений изотопа углерода зубного дентина для лошадей из пустыни и полупустыни составляют от  $-18.6\text{‰}$  до  $-15.4\text{‰}$  (рисунок 3.2). Изотопные значения овцы из полупустынного ландшафта составляют  $\delta^{13}\text{C} = -18.8\text{‰}$ .

Полученные данные  $\delta^{13}\text{C}$  указывают на рацион питания, состоящий из растений с C3- и C4-типом фотосинтеза. На данной территории встречаются следующие C4 растения: *Cleistogenes squarrosa*, *Eragrostis minor*, *Enneapogon borealis*, *Setaria viridis*, *Tribulus terrestris* и др. (таблица 3.2), у которых  $\delta^{13}\text{C}$  варьирует от  $-14.6$  до  $-11.4\text{‰}$ . Растения с C3 типом фотосинтеза характеризуется облегченными значениями от  $-29.8$  до  $-24.3\text{‰}$  (таблица 3.2). У травоядных животных со смешанным питанием (C3 и C4) с учетом поправки на изотопное фракционирование от продуцентов к консументам первого порядка  $\delta^{13}\text{C}$  должен находиться в диапазоне от  $-21.5$  до  $-7.5\text{‰}$ .

Значения  $\delta^{13}\text{C}$  зубного дентина лошадей пустынных и полупустынных ландшафтов соответствуют этому диапазону, а также хорошо сопоставляются с данными полученными для лошадей, обитающих в полупустынных ландшафтах заповедника Их Нарт (Восточно-Гобийский аймак, восточная часть пустыни Гоби):  $\delta^{13}\text{C}_{\text{волосы}} / \text{кость} = -18.8 \pm 1.1\text{‰} / -16.8 \pm 1.1\text{‰}$ , а также с  $\delta^{13}\text{C}$  лошадей из аридных ландшафтов Юго-Восточного Казахстана:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{кость}} = -18.9 \pm 0.9\text{‰}$  (таблица 3.3) [Davie et al., 2014; Ananyevskaya et al. 2020]. В статье [Davie et al., 2014] приведены значения изотопов углерода и азота для кератина волос, поэтому для корректного сравнения  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$  с коллагеном кости для травоядных животных использовались поправки рекомендуемые в работе [Kohzu et al., 2009]:

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{кость}} = \delta^{13}\text{C}_{\text{волосы}} + 2.0\text{‰}$$

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{кость}} = \delta^{15}\text{N}_{\text{волосы}} + 2.1\text{‰}$$

Наблюдаемые значения  $\delta^{13}\text{C}$  для овцы близко к диапазону  $\delta^{13}\text{C}$  мелкого рогатого скота (*Ovis aries*) из полупустынных ландшафтов заповедников Бага

Газрын чулуу (Средне-Гобийский аймак):  $\delta^{13}\text{C}_{\text{кость}} = -17.5 \pm 0.8\text{‰}$  и Их Нарт, где  $\delta^{13}\text{C}_{\text{волосы/кость}} = -19.3 \pm 1.4\text{‰} / -17.3 \pm 1.4\text{‰}$  (таблица 3.3) [Makarewicz, Tuross, 2006; Davie et al., 2014].

**Степи.** В степных ландшафтах травоядные животные имеют более легкий изотопный состав углерода в сравнении с аридными регионами. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  у коров и овец варьируют от -22.4 до -20.2‰, что указывает на преобладание в их диете степных трав с С3-типом фотосинтеза (возможно ксерофитов), произрастающих в условиях открытой местности с умеренным климатом, где растения С4 занимают резко подчиненное положение [Bocherens, 2003].

При сравнении изотопного состава углерода у животных степей Монголии и Западного Забайкалья, выявлена их сопоставимость. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  в костном и зубном коллагене травоядных животных степных ландшафтов Монголии и Западного Забайкалья варьирует от -22.1 до -20.0‰ и от -22.9 до -20.4‰, соответственно. Немного облегченными показателями характеризуется изотопный состав углерода у лошадей (от -22.9 до -20.0‰), что предполагает расширенную диету, в которую входили травы из луговых или лесостепных ландшафтов. Возможно, это связано с тем, что лошади пасутся на большом расстоянии от человеческого жилья и соответственно ищут лучшие пастбища, в то время как коровы и овцы пасутся возле лагерей пастухов, в радиусе одного километра, на деградированных пастбищах [Davie, 2014]. Также возможно, что для выпаса лошади выбирали пойменные места, с древесным и кустарниковым пологом. В этом случае изотопный состав трав будет близок к составу лесной растительности. Поскольку изотопные отношения углерода в костном и зубном коллагене консументов первого порядка обогащены на 5‰ по сравнению с продуцентами, то  $\delta^{13}\text{C}$  степной растительности должно иметь значения в пределах -28‰ и -25‰.

Именно такие значения  $\delta^{13}\text{C}$  (от -27.6 до -25.4‰) наблюдаются в растительности степей Монголии и Забайкалья [Дамбаев и др., 2016] (таблица 3.2).



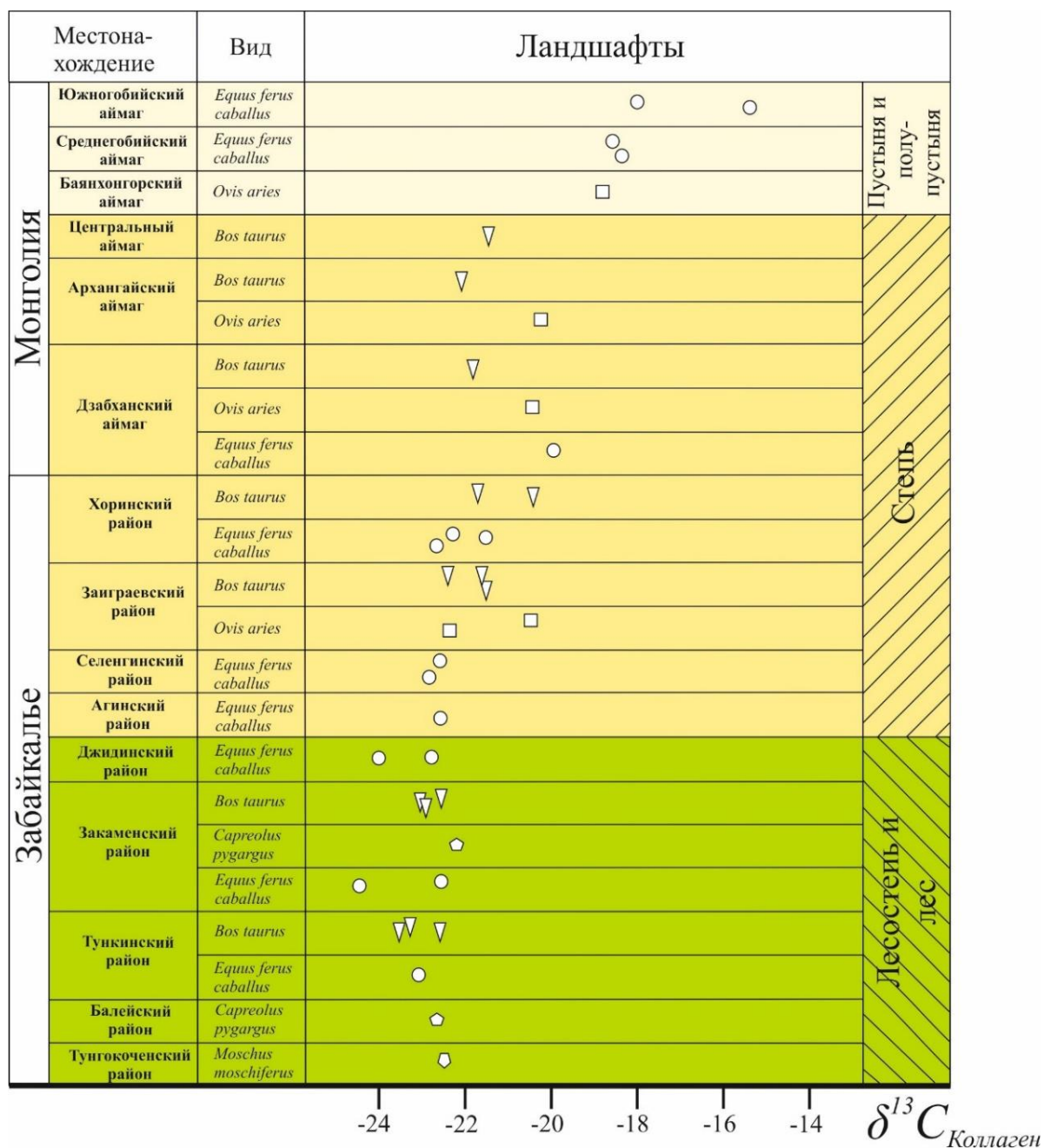


Рисунок 3.2 – Изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) в коллагене для травоядной фауны Монголии и Западного Забайкалья

Значками указаны виды животных: 1 – кружок – лошадь (*Equus ferus caballus*); 2 – квадрат – МРС (*Ovis aries*); 3 – треугольник – КРС (*Bos taurus*); 4 – пентагон – косуля сибирская (*Capreolus pygargus*); 5 – перевернутый пентагон – кабарга сибирская (*Moschus moschiferus*).

Таким образом, изотопный состав животных, обитавших в степях, не противоречит полученным результатам изотопного состава углерода растительности степных ландшафтов Монголии и Западного Забайкалья.

**Лесостепи и леса.** Лошади ( $\delta^{13}\text{C}$  от -24.5 до -22.5‰) и крупный рогатый скот (от -23.6 до -22.6‰) из лесостепных и лесных ландшафтов характеризуются относительно облегчённым изотопным составом углерода, что свидетельствует об уменьшении в их диете степных травянистых растений и увеличением доли лесной травянистой и возможно, кустарниковой растительности. Изотопные значения углерода косулей (-22.2‰; -22.7‰) из лесостепного и лесного ландшафта попадают в диапазон изменчивости современных особей Приангарья, обитающих также в лесных и лесостепных биоценозах (от -18.9‰ до -23.8‰) [Weber et al., 2011]. В отличие от косули, кабарга (-22.6‰) из Забайкалья имеет более облегченные значения изотопа углерода, чем современные особи из Приангарья (от -20.9 до -20.3‰). Возможно, кабарга из Приангарья обитала в более открытой местности [Weber et al., 2011].

Для статистического сопоставления изотопного состава углерода у животных из различных экосистем с помощью Bayesian bootstrap нами были рассчитаны статистические критерии, такие как среднеарифметическое значение, стандартное отклонение, квартили, включая медиану (таблица 3.4). Этот метод хорошо работает с небольшими размерами выборки. Кроме того, использование медианных значений, полученных с помощью Bayesian bootstrap, позволяет исключить влияние на выборку отдельных животных, имевших выпас за пределами исследуемой экосистемы. Отображение квантилей и медиан для значений  $\delta^{13}\text{C}$  с помощью боксдиаграмм (рисунок 3.3) достаточно наглядно отображают различие изотопного состава углерода у животных пустынных/полупустынных, степных и лесостепных/лесных ландшафтов.

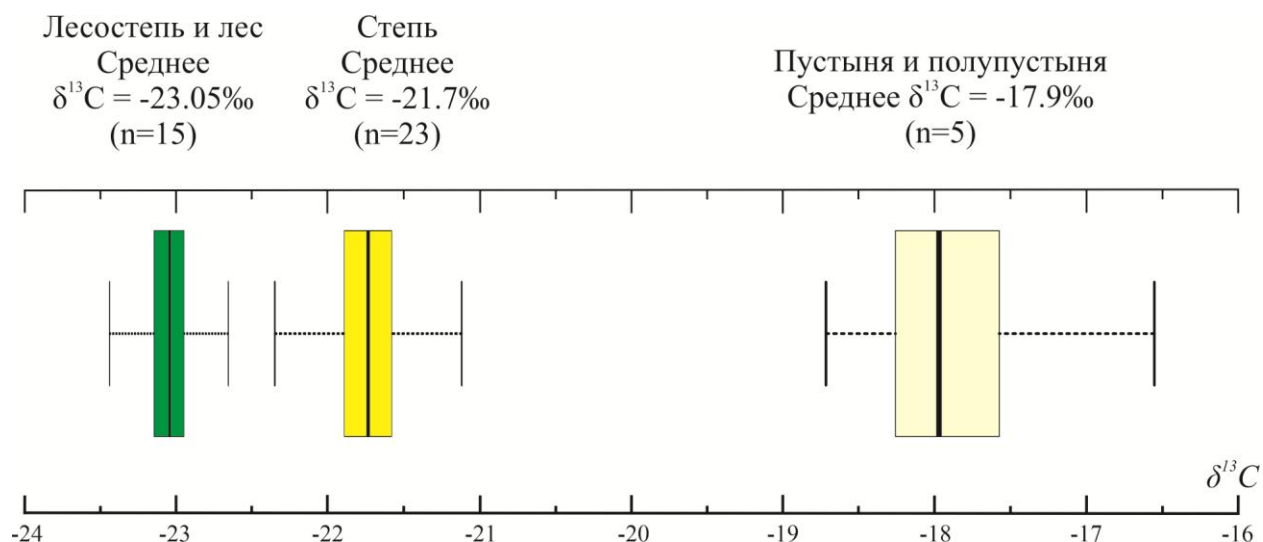


Рисунок 3.3 – Коробчатая диаграмма (по методу байесовской загрузочной платформы), демонстрирующая ландшафтную изоляцию по изотопному составу углерода растительной фауны Монголии и Западного Забайкалья

Размер псевдовыборки для каждой ландшафтной зоны составляет 4000 значений

О различиях в условиях питания травоядных животных, имевших выпас в разных экосистемах, также свидетельствуют результаты критерия Манна-Уитни (Mann-Whitney U-test, таблица 2.5). Во всех трех случаях сопоставления  $U(\delta^{13}\text{C})$ –критерия для пары независимых выборок (пустыня/полупустыня и степь; степь и лесостепь/лес; лесостепь/лес и пустыня/полупустыня) с критическими значениями  $U_{\text{Cr}}$  наблюдается, что  $U_{\text{Cr}} > U(\delta^{13}\text{C})$ . Этот факт говорит о том, что расхождение изотопного состава углерода у животных из разных ландшафтов является статистически достоверными.

Таким образом, значения изотопного состава углерода повышены у животных пустынных ландшафтов, а наименьшие – у животных лесостепных ландшафтов. Это может быть связано с тем, что в рацион растительной фауны пустынь и полупустынь входят растения C4 и C3. В то же время растения C3 могут иметь относительно тяжелый изотопный состав углерода из-за открытости ландшафта и преобладания сухого климата. Для млекопитающих степного ландшафта рацион составляют растения с типом фотосинтеза C3 (преимущественно травянистые растения). В лесостепных/лесных ландшафтах

в рационе животных присутствуют древесные, кустарниковые и травянистые растения C3–типом фотосинтеза, но относительно облегченным изотопным составом углерода. Поэтому лесостепные/лесные животные имеют наиболее легкий изотопный состав углерода. Полученные результаты хорошо коррелируют с изотопным составом углерода современных пустынных, степных, лесных травоядных других регионов [Bocherens, 2003].

### 3.2.2. Изотопный состав азота

Значения  $\delta^{15}\text{N}$  у животных из разных ландшафтных зон варьирует от 4 до 11‰ (рисунок 3.4; таблица 3.1). Этот показатель контролируется поступлением  $\text{N}_2$  (и выделением продуктов азотистого обмена), который зависит от степени кислотности, засоленности и истощенности почв, на которых произрастает растительность, состава растительного рациона и трофического уровня. Кроме того, изотопный состав азота также чувствителен к водному и пищевому стрессу [Schoeninger, DeNiro, 1984; DeNiro, Epstein, 1981; Bocherens, Drucker, 2003]. При каждом переходе на более высокий трофический уровень значения  $\delta^{15}\text{N}$  животных изменяются на 2-6‰ [Горлова и др., 2015; Святко, 2016; Krajcarz et al., 2016; O'Connell et al., 2012].

У лошадей из **пустынно-полупустынного ландшафта** значения  $\delta^{15}\text{N}$  полученного из дентина, колеблется от 5.5 до 8.3‰ (рисунок 3.4; таблица 3.1). Эти показатели относительно невелики по сравнению с соотношениями изотопов азота у современных лошадей из заповедника Их Нарт ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{волосы}}/\delta^{15}\text{N}_{\text{кость}} = 8.1 \pm 0.7/10.2 \pm 0.7\text{‰}$ ) [Davie et al., 2014] и голоценовых лошадей ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{кость}} = 8.5 \pm 2.0\text{‰}$ ) из полупустынных ландшафтов Юго-Восточного Казахстана [Ananyevskaya et al., 2020] (рисунок 3.5; таблица 3.1; 3.3).

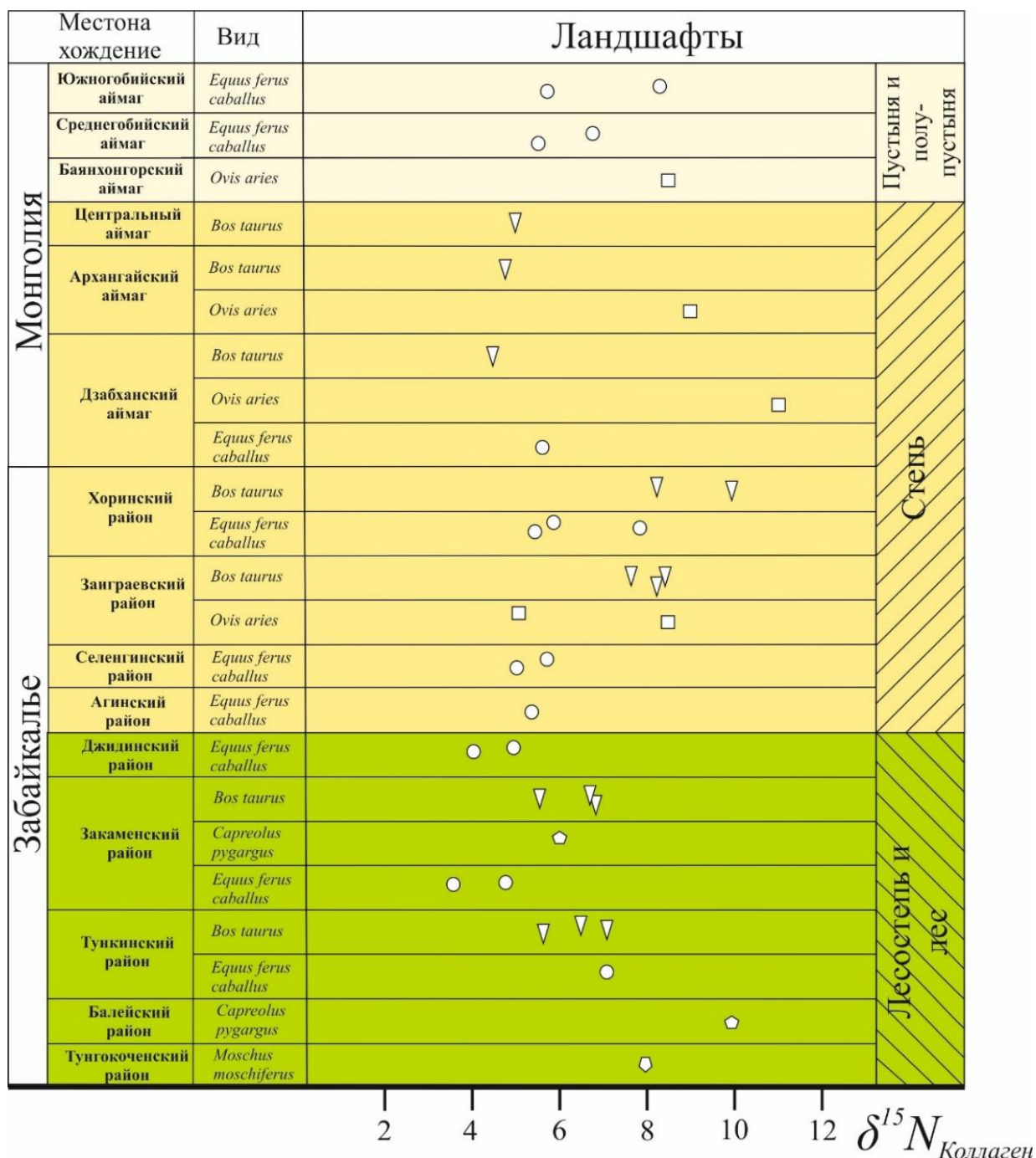


Рисунок 3.4 – Изотопный состав азота ( $\delta^{15}N$ ) коллагена травоядной фауны Монголии и Западного Забайкалья (разработан автором).

Условные обозначения подобны рисунку 3.2

Изотопный состав азота у овец полупустынного ландшафта ( $\delta^{15}N = 8.4\text{‰}$ ) также легче по сравнению с диапазоном изотопных характеристик овец (*Ovis aries*) из Среднегобийского аймака ( $\delta^{15}N$  от 8.6 до 12.9‰, в среднем  $11.2 \pm 1.1\text{‰}$ ) [Makarewicz, Tuross, 2006] (рисунок 3.5; таблица 3.1; 3.3).

Относительно легкий изотопный состав азота у исследованных животных, особенно лошадей (*Equus ferus caballus*), может быть связан с тем, что эти особи в меньшей степени испытывали пищевой и водный стресс.

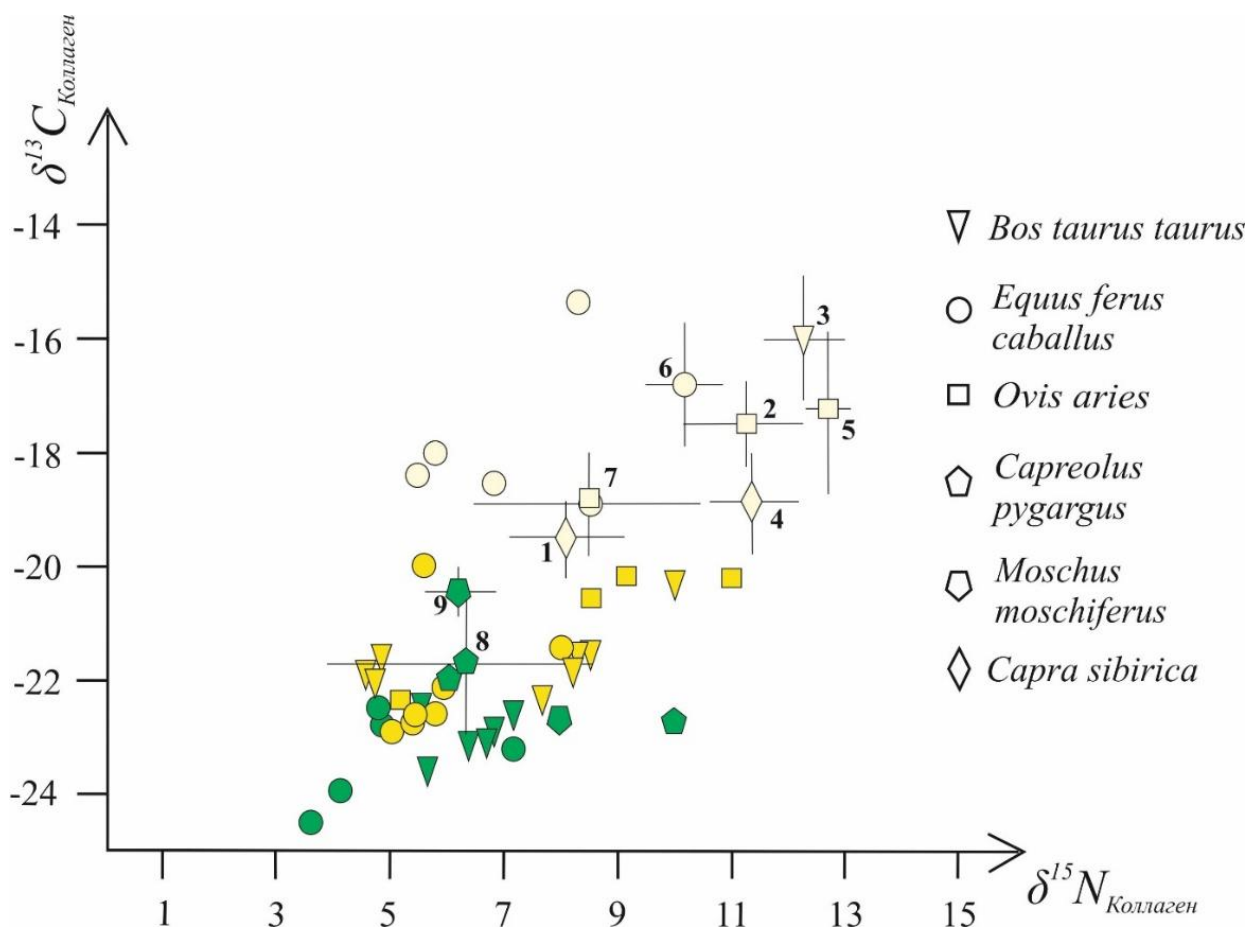


Рисунок 3.5 – Изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) и азота ( $\delta^{15}\text{N}$ )

коллагена травоядной фауны Монголии и Западного Забайкалья

Дополнительные данные. Монголия: 1. *Capra sibirica* (сибирский козел) – Makarewicz, Tuross, 2006; 2. *Ovis aries* (домашняя овца) – Makarewicz, Tuross, 2006; 3. *Bos taurus* (крупно-рогатый скот) – Davie et al., 2014; 4. *Capra sibirica* – Davie et al., 2014; 5. *Ovis aries* – Davie et al., 2014; 6. *Equus ferus caballus* (домашняя лошадь) – Davie et al., 2014; Центральная Азия (Казахстан, голоцен): 7. *Equus* sp. – Ananyevskaya et al., 2020; Прибайкалье: 8. *Capreolus pygargus* (сибирская косуля) – Weber et al., 2011; 9. *Moschus moschiferus* (сибирская кабарга) – Weber et al., 2011; представлены с ошибкой  $\pm$  одно стандартное отклонение ( $1\sigma$ ).

**Степи.** Лошади из степных ландшафтов характеризуются относительно легкими значениями изотопа азота ( $\delta^{15}\text{N}$  от 5.0 до 7.9‰) по сравнению с животными пустыни и полупустыни. В то же время у коров ( $\delta^{15}\text{N}$  от 4.6‰ до 10.0‰) и овец ( $\delta^{15}\text{N}$  от 5.2‰ до 11.0‰) наблюдается широкий разброс значений  $\delta^{15}\text{N}$  (рисунок 3.4; таблица 3.1).

Возможно, одной из причин высокого содержания изотопов азота у некоторых коров и овец является то, что они паслись вблизи жилья человека, где пастбища истощены, а почвы и воды обогащены отходами азота [Davie, 2014]. Тогда как лошади паслись на больших площадях и/или вдали от жилищ, где пастбища менее деградированы. С другой стороны, более высокие значения изотопа азота у овец могут быть связаны с тем, что они нуждаются в меньшем количестве воды и могут обходиться без нее длительное время [Burnik Sturm et al., 2017]. Кроме того, тяжелый азотный состав у травоядных может наблюдаться у молодых особей, находящихся на молочном вскармливании [Fogel et al., 1989; Bocherens, 2003]. Обычно в овцеводческих хозяйствах для получения мясной продукции забивают особей первого и второго года жизни, не достигших полной зрелости и смены молочных зубов [Ульянов и др., 2011]. Следовательно, высокие значения  $\delta^{15}\text{N}$  в дентине можно объяснить лактозным питанием, а  $\delta^{15}\text{N}$  могут быть завышены на 4–5‰ с учетом трофического фракционирования изотопов [Jenkins et al., 2001; Святко, 2016].

**Лесостепи и леса.** Лошади лесостепных\лесных ландшафтов характеризуются относительно облегчённым изотопным составом азота ( $\delta^{15}\text{N}$  от 3.6 до 7.1‰), по сравнению с КРС, изотопный состав азота которых варьирует от 5.5 до 7.1‰.

Значения изотопов азота у кабарги и косули повышены и варьируют от 6.0 до 10.0‰. Полученные результаты не отличаются от значений изотопов азота у косуль и кабарги из Приангарья, находящихся в диапазоне от 2.6 до 10.6‰ [Weber et al., 2011]. Высокие значения изотопов азота у косуль и кабарги, возможно, связаны с их рационом питания. В их диету входила пища, имеющая высокий изотопный состав азота, например, грибы, ягоды и околотовные растения (осока) [O'Regan et al., 2016; Хубанова и др., 2017; 2019].

Средние и медианные значения  $\delta^{15}\text{N}$  (таблица 3.4; рисунок 3.6) не выявляют существенных различий по этому показателю между животными из разных ландшафтных зон. Результаты критерия Манна-Уитни  $U_{Cr} < U(\delta^{15}\text{N})$



(таблица 3.5) также свидетельствует о том, что различия изотопного состава азота у животных из пустынных/полупустынных, степных, лесостепных/лесных ландшафтов не являются статистически значимыми и носят случайный характер. Таким образом, изотопно-геохимическая изоляция ландшафтов по изотопному составу азота менее выражена. Однако наблюдается некоторая тенденция утяжеления среднего изотопного состава азота у лесостепных/лесных животных (в среднем  $\delta^{15}\text{N} = 6.3\text{‰}$ ) по сравнению со степными и пустынными/полупустынными видами (в среднем  $\delta^{15}\text{N} = 6.9$  и  $7.1\text{‰}$ ) (таблица 3.4). Особенно эта небольшая разница выражена у лошадей из лесостепи/леса ( $\delta^{15}\text{N}$  от 3,6 до 7,1‰) и пустынных и полупустынных регионов ( $\delta^{15}\text{N}$  от 5,5 до 8,3‰) (таблица 3.1).

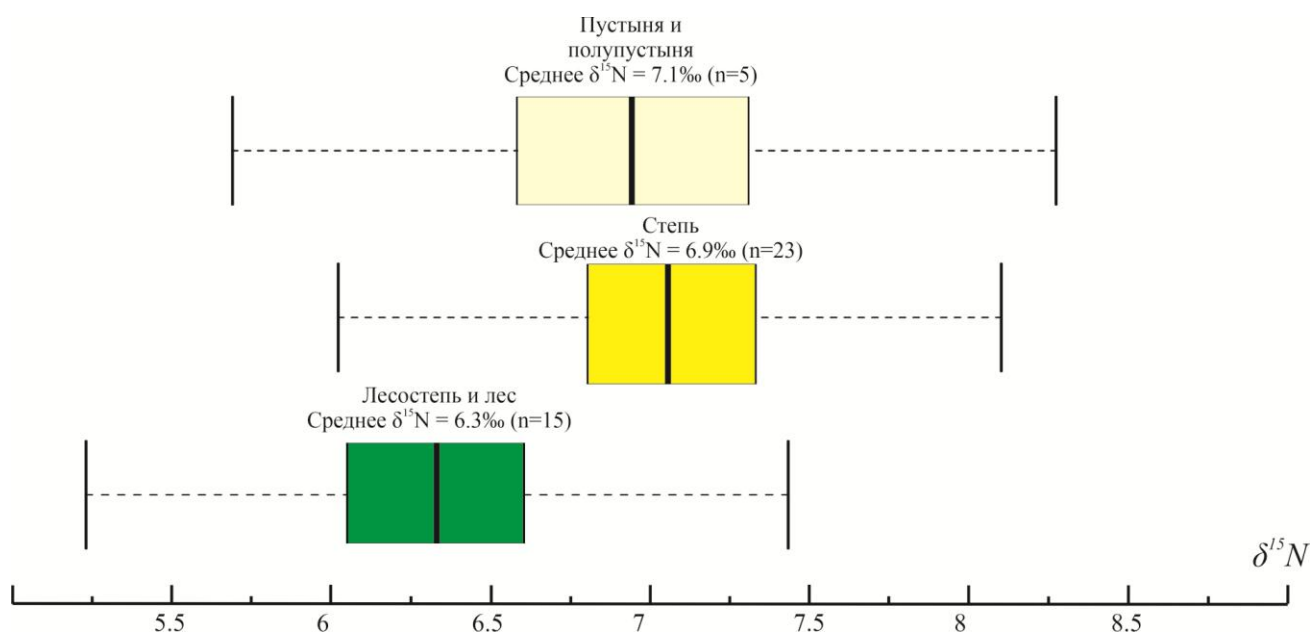


Рисунок 3.6 – Коробчатая диаграмма (по методу байесовской загрузочной платформы), демонстрирующая ландшафтную изоляцию по изотопному составу азота растительной фауны Монголии и Западного Забайкалья. Размер псевдовыборки для каждой ландшафтной зоны составляет 4000 значений.



### 3.3. Резюме

В Монголии и Забайкалье существует большое разнообразие внутриконтинентальных ландшафтных сред (экологических систем). С юга на север они образуют ландшафтно-климатические зоны и пояса от пустыни и сухих степей через степи и луга к лесостепи, тайге и высокогорной тундре. Их различие обусловлено разницей среднегодовых и сезонных температур, количеством и равномерностью годового распределения осадков. В этих ландшафтных зонах видовой состав растительности, в том числе кормовой, существенно различается: в теплых и засушливых открытых ландшафтах (пустыни и сухие степи) широко представлены растения C4 наряду с растениями C3, сильно обогащенными тяжелым углеродом. В степях, лесостепях и лесах преобладают растения C3. Однако в лесостепях и лесах трава растет под пологом древесной и кустарниковой растительности, поэтому имеет несколько более легкий изотопный состав углерода.

Соотношение изотопов углерода у растительноядных животных хорошо отражают ландшафтные условия их обитания. Максимальные значения отношений изотопов углерода наблюдаются у животных из пустынных (пустыня Гоби) и полупустынных ландшафтов, где среднее  $\delta^{13}\text{C}$  составляет -17,9‰. Минимальные значения  $\delta^{13}\text{C}$  получены у травоядных из лесостепных и лесных ландшафтов (Забайкалье), среднее  $\delta^{13}\text{C}$  составляет -23‰. Фауна степей (среднее  $\delta^{13}\text{C}$  равно -21,7‰) занимает промежуточные значения по изотопному составу углерода.

Изотопный состав азота свидетельствует о том, что большая часть крупного и мелкого рогатого скота паслась в сухостепных условиях, возможно, на пастбищах с бедным растительным покровом и высокой степенью удобренности. Такие условия характерны для стойбищных поселений. Незначительная часть домашних животных, в том числе лошадей, отличались менее тяжелым азотным составом, что говорит о более благоприятных

условиях их питания, отсутствии водного и пищевого стресса, о наличии в их рационе кустарниковой растительности. Это подтверждает, что изотопный состав азота животных в первую очередь определяется доступностью воды и пищи и в меньшей степени зависит от ландшафтных условий.

Таблица 3.1 – Стабильные изотопы углерода и азота в коллагене костей и зубов травоядных животных этого исследования

| #                                | Район или аймаг | Образец   | Вид                         | Костный/<br>Зубной<br>образец | $\delta^{13}\text{C}$ ,<br>‰ | $\delta^{15}\text{N}$ ,<br>‰ | C,%  | N,%  | Yield<br>(%)* | C/N <sub>ат</sub> ** | Местона-<br>хождение                               |
|----------------------------------|-----------------|-----------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------|------|---------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| Пустыни и полупустыни (Монголия) |                 |           |                             |                               |                              |                              |      |      |               |                      |                                                    |
| 1                                | Южногобийский   | MNG-03-17 | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -15.4                        | 8.3                          | 40.2 | 15.1 | 4.2           | 3.1                  | N 43°56'43.6''<br>E 107°25'36.9''<br>~1200 m high  |
| 2                                | Южногобийский   | MNG-04-17 | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -18.1                        | 5.8                          | 30.7 | 11.3 | 5.9           | 3.2                  | N 43°54'14''<br>E 107°19'19''<br>~1400 m high      |
| 3                                | Среднегобийский | MNG-01-17 | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -18.6                        | 6.8                          | 32.9 | 12.4 | 5.6           | 3.1                  | N 45°43'15.8''<br>E 106°18'31.8''<br>~1500 m high  |
| 4                                | Среднегобийский | MNG-02-17 | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -18.4                        | 5.5                          | 41.1 | 16   | 5.4           | 3                    | N 45°19'45.9''<br>E 106°32'14.4''<br>~1400 m high  |
| 5                                | Баянхонгорский  | MNG-03-18 | <i>Ovis aries</i>           | Molar                         | -18.8                        | 8.4                          | 29.9 | 10.8 | 11.2          | 3.2                  | N 46°14'46.02''<br>E 98°49'26.49''<br>~1950 m high |
| Степи (Монголия)                 |                 |           |                             |                               |                              |                              |      |      |               |                      |                                                    |
| 6                                | Центральный     | MNG-07-16 | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -21.6                        | 4.9                          | 38.6 | 14   | 10            | 3.2                  | N 48°17'48.5''<br>E 106°13'12.6''<br>~1100 m high  |
| 7                                | Архангайский    | MNG-01-16 | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -22.1                        | 4.8                          | 19.4 | 7.4  | 1.9           | 3.1                  | N 48°15'23''<br>E 99°53'12''                       |
| 8                                | Архангайский    | MNG-02-16 | <i>Ovis aries</i>           | Molar                         | -20.2                        | 9.1                          | 29.2 | 11.7 | 11.4          | 2.9                  | ~2400 m high                                       |
| 9                                | Дзабханский     | MNG-03-16 | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -21.9                        | 4.6                          | 16.4 | 6.2  | 0.5           | 3.1                  | N 48°44'08''<br>E 98°04'28''                       |
| 10                               | Дзабханский     | MNG-04-16 | <i>Ovis aries</i>           | Molar                         | -20.4                        | 11                           | 44.6 | 16.9 | 11.8          | 3.1                  | ~1800 m high                                       |
| 11                               | Дзабханский     | MNG-05-16 | <i>Ovis aries</i>           | Bone                          | -20.3                        | 10.3                         | 41.4 | 18.6 | 2             | 2.6                  |                                                    |
| 12                               | Дзабханский     | MNG-06-16 | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -20                          | 5.6                          | 45.2 | 17.2 | 7.7           | 3.1                  | N 48°40'56.1''<br>E 98°51'06.4''<br>~1700 m high   |

Продолжение таблицы 3.1

| #                            | Район или аймаг | Образец      | Вид                         | Костный/<br>Зубной<br>образец | $\delta^{13}\text{C}$ ,<br>‰ | $\delta^{15}\text{N}$ ,<br>‰ | C,%  | N,%  | Yield<br>(%)* | C/N <sub>ат</sub> ** | Местона-<br>хождение                               |
|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------|------|---------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| Степи (Забайкалье)           |                 |              |                             |                               |                              |                              |      |      |               |                      |                                                    |
| 13                           | Заиграевский    | C14(14)-1    | <i>Ovis aries</i>           | Molar                         | -20.6                        | 8.5                          | 40.5 | 14.6 | 2.4           | 3.2                  | N 51°54'18.4''<br>E 107°49'38.8''<br>~ 800 m high  |
| 14                           | Заиграевский    | C14(14)-2    | <i>Ovis aries</i>           | Molar                         | -20.8                        | 7.8                          | 37.3 | 16.2 | 1             | 2.7                  |                                                    |
| 15                           | Заиграевский    | C19(14)-1    | <i>Ovis aries</i>           | Molar                         | -22.3                        | 5.9                          | 35.3 | 10.8 | 0.9           | 3.8                  | N 52°12'35''<br>E 108°01'52''<br>~ 1000 m high     |
| 16                           | Заиграевский    | C19(14)-1(2) | <i>Ovis aries</i>           | Bone                          | -22.4                        | 5.2                          | 39   | 14.5 | 3.3           | 3.1                  |                                                    |
| 17                           | Заиграевский    | C15(14)-1    | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -21.6                        | 8.5                          | 39.5 | 15.5 | 2.1           | 3                    | N 51°58'43''<br>E 108°01'02''<br>820 m high        |
| 18                           | Заиграевский    | C15(14)-2    | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -25.1                        | 7.1                          | 25.1 | 11   | 1.5           | 2.7                  |                                                    |
| 19                           | Заиграевский    | C16(14)      | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -21.6                        | 8.2                          | 33.3 | 13.1 | 6.2           | 3                    | N 52°01'53''<br>E 108°23'59''<br>~ 950 m high      |
| 20                           | Заиграевский    | C18(14)      | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -22.4                        | 7.7                          | 34   | 12.9 | 3.6           | 3.1                  | N 52°06'40''<br>E 108°34'25''<br>~ 1200 m high     |
| 21                           | Хоринский       | C10(15)      | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -20.4                        | 10                           | 47.5 | 15.4 | 12.2          | 3.6                  | N 52°15'59.2''<br>E 108°46'56.7''<br>~ 1150 m high |
| 22                           | Хоринский       | C22(14)      | <i>Bos taurus</i>           | Molar                         | -21.8                        | 8.2                          | 38.5 | 15.5 | 5.3           | 2.9                  | N 52°16'53''<br>E 108°52'18''<br>~ 1300 m high     |
| 23                           | Хоринский       | C5(15)       | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -21.5                        | 7.9                          | 40.3 | 13.1 | 8             | 3.6                  | N 52°09'58''<br>E 108°36'56''<br>~ 1000 m high     |
| 24                           | Хоринский       | C21(14)-1    | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -22.2                        | 5.9                          | 26   | 9.4  | 4.6           | 3.2                  | N 52°20'0.7''<br>E 108°43'44.7''<br>~ 1200 m high  |
| 25                           | Хоринский       | C21(14)-2    | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -22.7                        | 5.4                          | 27.4 | 9.5  | 3.9           | 3.4                  |                                                    |
| 26                           | Селенгинский    | C3(13)       | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -22.9                        | 5                            | 40   | 15.8 | 10.4          | 3                    | N 50°55'02''<br>E 106°14'08''<br>~ 600 m high      |
| 27                           | Селенгинский    | C6(13)       | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -22.6                        | 5.8                          | 46.4 | 15.2 | 9.2           | 3.6                  |                                                    |
| 28                           | Агинский        | C24(13)      | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -22.6                        | 5.4                          | 39.1 | 12.6 | 5.4           | 3.6                  | N 51°6'40.1''<br>E 114°37'51.9''<br>~ 700 m high   |
| Лесостепь и лес (Забайкалье) |                 |              |                             |                               |                              |                              |      |      |               |                      |                                                    |
| 29                           | Джидинский      | C12(13)      | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -24                          | 4.1                          | 39.5 | 14.6 | 8             | 3.2                  | N 50°36'27''<br>E 104°35'35''<br>~ 900 m high      |
| 30                           | Джидинский      | C13(13)      | <i>Equus ferus caballus</i> | Molar                         | -22.8                        | 4.9                          | 46.1 | 15.6 | 6.3           | 3.4                  |                                                    |

## Продолжение таблицы 3.1

| #  | Район или аймаг | Образец | Вид                             | Костный/<br>Зубной<br>образец | $\delta^{13}\text{C}$ ,<br>‰ | $\delta^{15}\text{N}$ ,<br>‰ | C,%   | N,%   | Yield<br>(%)* | C/N <sub>at</sub> ** | Местона-<br>хождение                              |
|----|-----------------|---------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|-------|---------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| 31 | Закаменский     | C7(13)  | <i>Bos taurus</i>               | Molar                         | -22.6                        | 5.5                          | 40.9  | 13.8  | 3.7           | 3.5                  | N 50°30'46''<br>E 102°55'21''<br>~ 1200 m high    |
| 32 | Закаменский     | C4(14)  | <i>Bos taurus</i>               | Molar                         | -23.1                        | 6.7                          | 45.8  | 14.9  | 6.2           | 3.6                  | N 50°49'46''<br>E 102°47'15''<br>~ 1250 m high    |
| 33 | Закаменский     | C2(15)  | <i>Bos taurus</i>               | Molar                         | -22.9                        | 6.8                          | 33.71 | 12.14 | 2.4           | 3.2                  | N 50°19'14.7''<br>E 03°31'13.9''<br>~ 1250 m high |
| 34 | Закаменский     | C1(15)  | <i>Equus ferus<br/>caballus</i> | Molar                         | -24.5                        | 3.6                          | 48.6  | 15.1  | 4.6           | 3.6                  |                                                   |
| 35 | Закаменский     | C1(14)  | <i>Equus ferus<br/>caballus</i> | Molar                         | -22.5                        | 4.8                          | 44    | 16    | 7.1           | 3.2                  | N 50°28'39''<br>E 104°17'13''<br>900 m high       |
| 36 | Закаменский     | C2(14)  | <i>Capreolus<br/>pygargus</i>   | Molar                         | -22.2                        | 6                            | 38.7  | 15.6  | 5             | 2.9                  |                                                   |
| 37 | Тункинский      | C7(14)  | <i>Bos taurus</i>               | Molar                         | -23.2                        | 6.4                          | 33.85 | 12.17 | 4.4           | 3.2                  | N 51°47'15''<br>E 103°00'41''<br>~ 800 m high     |
| 38 | Тункинский      | C10(14) | <i>Bos taurus</i>               | Molar                         | -23.4                        | 8.5                          | 8.3   | 4.7   | 0.6           | 2.1                  | N 51°40'32''<br>E 102°00'41''<br>~ 750 m high     |
| 39 | Тункинский      | C11(14) | <i>Bos taurus</i>               | Molar                         | -22.6                        | 7.1                          | 41.2  | 14.1  | 4.6           | 3.4                  | N 51°40'04''<br>E 102°17'06''<br>~ 750 m high     |
| 40 | Тункинский      | C13(14) | <i>Bos taurus</i>               | Bone                          | -23.6                        | 5.7                          | 47.2  | 15.2  | 2.3           | 3.6                  | N 51°41'38''<br>E 101°40'38''<br>~ 1050 m high    |
| 41 | Тункинский      | C9(14)  | <i>Equus ferus<br/>caballus</i> | Molar                         | -23.1                        | 7.1                          | 37.1  | 14    | 5.3           | 3.1                  | N 51°52'43''<br>E 102°23'34''<br>~ 750 m high     |
| 42 | Балейский       | C20(15) | <i>Capreolus<br/>pygargus</i>   | Molar                         | -22.7                        | 10                           | 42.4  | 15.9  | 5.7           | 3.1                  | N 51°38'41.6''<br>E 117°5'58.8''<br>~ 700 m high  |
| 43 | Тунгокоченский  | C4(15)  | <i>Moschus<br/>moschiferus</i>  | Molar                         | -22.6                        | 8                            | 39.61 | 15.67 | 4.8           | 2.9                  | N 53°38'118''<br>E 114°1'51.9''<br>~ 900 m high   |

Примечание: \* Выход коллагена рассчитывают, как относительную долю коллагена в процентах от веса исходного образца кости.

\*\* C/N<sub>at</sub> = (%C/%N) x (14/12), атомное соотношение.

Таблица 3.2 – Изотопный состав углерода для кормовых растений Монголии и Забайкалья по литературным данным

| Латинское название            | Жизненная форма | Распространенность   |       |            | C3/C4 тип фотосинтеза | δ <sup>13</sup> C (‰)               |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|-------|------------|-----------------------|-------------------------------------|
|                               |                 | Монголия             |       | Забайкалье |                       |                                     |
|                               |                 | Пустыня, полупустыня | Степи | Степи      |                       |                                     |
| Poaceae                       |                 |                      |       |            |                       |                                     |
| <i>Agropyron cristatum</i>    | Ph              | ++                   | +++   | +          | C3                    | -27.1                               |
| <i>Achnatherum splendens</i>  | Ph              | ++                   | +     | +          | C3                    | -26.9                               |
| <i>Cleistogenes squarrosa</i> | Ph              | ++                   | ++    | +          | C4                    | -14.6                               |
| <i>Eragrostis minor</i>       | Ah              | -                    | +     | -          | C4                    | -11.6 (for <i>Eragrostis</i> sp.)   |
| <i>Eragrostis pilosa</i>      | Ah              | ++                   | +     | -          | C4                    | -14.1                               |
| <i>Enneapogon borealis</i>    | Ph              | ++                   | +     | -          | C4                    | -13.3                               |
| <i>Festuca lenensis</i>       | Ph              | -                    | +     | +++        | C3                    | -27±0.17                            |
| <i>Festuca sibirica</i>       | Ph              | -                    | +++   | -          | C3                    | -                                   |
| <i>Koeleria cristata</i>      | Ph              | -                    | +++   | -          | C3                    | -28.8                               |
| <i>Leymus chinensis</i>       | Ph              | -                    | +++   | +++        | C3                    | -26.4                               |
| <i>Poa attenuata</i>          | Ph              | -                    | +     | -          | C3                    | -24.6 (for <i>P.pratensis</i> )     |
| <i>Poa botryoides</i>         | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                   |
| <i>Setaria viridis</i>        | Ah              | +                    | -     | -          | C4                    | -12.3                               |
| <i>Stipa krylovii</i>         | Ph              | +                    | +++   | -          | C3                    | -25.2                               |
| <i>Stipa glareosa</i>         | Ph              | ++                   | +++   | -          | C3                    | -                                   |
| <i>Stipa gobica</i> ,         | Ph              | ++                   | ++    | -          | C3                    | -                                   |
| <i>Stipa klemenzi</i>         | Ph              | +                    | ++    | -          | C3                    | -                                   |
| <i>Stipa baicalensis</i>      | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -25.7                               |
| <i>Stipa sibirica</i>         | Ph              | -                    | +     | -          | C3                    | -                                   |
| Carex                         |                 |                      |       |            |                       |                                     |
| <i>Carex duriuscula</i>       | Ph              | -                    | +++   | +++        | C3                    | -27.5 ( <i>Carex</i> spp.)          |
| <i>Carex pediformis</i>       | Ph              | -                    | +     | +          | C3                    |                                     |
| Fabaceae                      |                 |                      |       |            |                       |                                     |
| <i>Astragalus adsurgens</i>   | Sh              | -                    | -     | +          | C3                    | -26.5 (for <i>A. melilotoides</i> ) |
| <i>Astragalus brevifolius</i> | Sh              | -                    | ++    | -          | C3                    |                                     |
| <i>Caragana leucoohloea</i>   | Sh              | +                    | ++    | -          | C3                    | -24.3                               |
| <i>Caragana microphylla</i>   | Sh              | +                    | ++    | -          | C3                    | -24.5                               |
| <i>Caragana pygmaea</i>       | Sh              | +                    | ++    | +          | C3                    | -                                   |
| <i>Caragana stenophylla</i>   | Sh              | +                    | ++    | -          | C3                    | -24.6                               |
| <i>Oxytropis oxyphylla</i>    | Sh              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                   |
| <i>Oxytropis myriophylla</i>  | Sh              | -                    | -     | +          | C3                    | -27.5                               |
| Forbs                         |                 |                      |       |            |                       |                                     |
| <i>Allium bidentatum</i>      | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -25.1                               |
| <i>Allium mongolicum</i>      | Ph              | ++                   | -     | -          | C3                    | -25                                 |
| <i>Allium polyrhizum</i>      | Ph              | ++                   | -     | -          | C3                    | -25.8                               |

Продолжение таблицы 3.2

| Латинское название                | Жизненная форма | Распространенность   |       |            | C3/C4 тип фотосинтеза | $\delta^{13}\text{C}$ (‰)                    |
|-----------------------------------|-----------------|----------------------|-------|------------|-----------------------|----------------------------------------------|
|                                   |                 | Монголия             |       | Забайкалье |                       |                                              |
|                                   |                 | Пустыня, полупустыня | Степи | Степи      |                       |                                              |
| <i>Amblynotus rupestris</i>       | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Arenaria capillaris</i>        | Ph              | ++                   | +     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Artemisia anethifolia</i>      | Bh              | +                    | -     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Artemisia frigida</i>          | Se              | -                    | +     | +++        | C3                    | -28.1                                        |
| <i>Artemisia commutata</i>        | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Artemisa dracunculus</i>       | Ph              | -                    | +     | -          | C3                    | -26.9                                        |
| <i>Artemisia scoparia</i>         | Bh              | +                    | +++   | +          | C3                    | -29.8 to -25.1                               |
| <i>Artemisia terrae-albae</i>     | Se              | ++                   | -     | -          | C3                    | -                                            |
| <i>Arctogeron gramineum</i>       | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Aster alpinus</i>              | Se              | -                    | +     | -          | C3                    | -28                                          |
| <i>Bupleurum scorzonerifolium</i> | Ph              | -                    | +     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Chamaerhodos erecta</i>        | Bh              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Convolvulus ammanii</i>        | Ph              | -                    | +     | +          | C3                    | -25                                          |
| <i>Dasiphora fruticosa</i>        | Sh              | -                    | +     | -          | C3                    | -                                            |
| <i>Ephedra sinica</i>             | Sh              | ++                   | -     | -          | C3                    | -24.4                                        |
| <i>Euphorbia discolor</i>         | Ph              | -                    | +     | -          | C4                    | -12.1 to -13.5<br>(for <i>Euphorbia</i> sp.) |
| <i>Filifolium sibiricum</i>       | Ph              | -                    | ++    | -          | C3                    | -26.8                                        |
| <i>Heteropappus altaicus</i>      | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -26.9                                        |
| <i>Heteropappus biennis</i>       | Bh              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Iris potaninii</i>             | Ph              | -                    | +     | ++         | C3                    | -26.7 (for <i>I. lactea</i> )                |
| <i>Lappula squarrosa</i>          | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Orostachys malacophylla</i>    | Bh              | -                    | -     | +          | C3                    | -25                                          |
| <i>Polygonum aviculare</i>        | Ah              | -                    | +     | -          | C3                    | -28.7                                        |
| <i>Potania mongolica</i>          | Se              | ++                   | -     | -          | C3                    | -26.6                                        |
| <i>Potentilla acaulis</i>         | Ph              | -                    | +     | +          | C3                    | -27.3                                        |
| <i>Potentilla sericea</i>         | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -26.14±0.17                                  |
| <i>Potentilla bifurca</i>         | Ph              | -                    | +     | +          | C3                    | -25.6                                        |
| <i>Ptilotrichum tenuifolium</i>   | Se              | -                    | -     | +          | C3                    | -26.5                                        |
| <i>Ptilotrichum canescens</i>     | Se              | -                    | +     | -          | C3                    | -                                            |
| <i>Taraxacum dissectum</i>        | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -                                            |
| <i>Taraxacum mongolicum</i>       | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -26                                          |
| <i>Thymus baicalensis</i>         | Se              | -                    | -     | +          | C3                    | -29.1 (for <i>T. serpyllum</i> )             |
| <i>Thymus gobicus</i>             | Se              | +                    | ++    | -          | C3                    | -                                            |
| <i>Tribulus terrestris</i>        | Se              | ++                   | +     | -          | C4                    | -13.4                                        |

## Продолжение таблицы 3.2

| Латинское название            | Жизненная форма | Распространенность   |       |            | C3/C4 тип фотосинтеза | $\delta^{13}\text{C}$ (‰)        |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|-------|------------|-----------------------|----------------------------------|
|                               |                 | Монголия             |       | Забайкалье |                       |                                  |
|                               |                 | Пустыня, полупустыня | Степи | Степи      |                       |                                  |
| <i>Salicornia perennans</i>   | Se              | -                    | -     | +          | C3                    | -26.6 (for <i>S. brachiata</i> ) |
| <i>Scorzonera austriaca</i>   | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -25.4                            |
| <i>Silene chlorantha</i>      | Ph              | -                    | -     | +          | C3                    | -25.4 (for <i>S. acaulis</i> )   |
| <i>Reaumuria soongorica</i>   | Sh              | ++                   | -     | -          | C3                    | -24.6                            |
| <i>Vincetoxicum sibiricum</i> | Ph              | -                    | ++    | +          | C3                    | -                                |
| Chenopodioidae                |                 |                      |       |            |                       |                                  |
| <i>Anabasis brevifolia</i>    | Sh              | ++                   | +     | -          | C4                    | -13.3                            |
| <i>Bassia dasyphylla</i>      | Ah              | ++                   | +     | -          | C3                    | -25.1                            |
| <i>Chenopodium aristatum</i>  | Ah              | -                    | +     | +          | C3                    | -26.1                            |
| <i>Eurotia ceratoides</i>     | Se              | ++                   | ++    | -          | C3                    | -28.8                            |
| <i>Halogeton glomeratus</i>   | Ah              | ++                   | +     | -          | C4                    | -14.6                            |
| <i>Haloxylon ammodendron</i>  | Sh              | ++                   | -     | -          | C4                    | -13.5                            |
| <i>Salsola collina</i>        | Ah              | ++                   | +     | -          | C4                    | -11.4                            |
| <i>Salsola passerina</i>      | Ah              | ++                   | -     | -          | C4                    | -13.6                            |
| <i>Kochia prostrata</i>       | Se              |                      | +     | +          | C4                    | -14                              |
| <i>Nanophyton erinaceum</i>   | Sh              | ++                   | -     | -          | C4                    | -13.5                            |

Примечание: «+», «++», «+++» – существование этого вида растения в данном регионе в малом, среднем и в большем количестве, соответственно

Ph-многолетнее травянистое растение; Bh-двулетнее травянистое растение; Ah-однолетнее растение; Sh-кустарник; Se-полукустарник

C3/C4 тип and  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) по литературным данным: Бойков и др., 2002; Петухов и др., 2018; Сафронова и др., 2018; Данжалова, Бажа, 2008; Структура и динамика..., 2018; Уртнасан, Любарский, 2013; Голованов и др., 2004; Цогнамсрай, Дугаржав, 2016; Найданов, 2009; Рупышев и др., 2016; Юдина и др., 2015; Ryankov et al., 2000; Chen et al., 2007; Codron et al., 2005; Goldman, 2010; Kalapos et al., 1997; Khatri et al., 2021; Li et al., 2006; Liu et al., 2004; Liu et al., 2009; Martin, Thorstenson, 1988; Oyungerel et al., 2004; Percy, Troughton, 1975; Spasojevic, Weber, 2021; Su et al., 2019; Tanaka-Oda et al., 2018; Wang et al., 2006; Wen, Zhang, 2011; Winter, 1981.



Таблица 3.3 – Соотношения изотопов углерода и азота у травоядных животных из Монголии, Забайкалья и Приангарья по литературным данным других авторов

| #                              | Район или аймаг                | Вид                                                                                                               | Образец               | δ <sup>13</sup> C (‰)      | δ <sup>15</sup> N (‰)  | Местона-хождение                                        |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|
| Пустыня/полупустыня (Монголия) |                                |                                                                                                                   |                       |                            |                        |                                                         |
| 1                              | Среднегобийский <sup>1</sup>   | <i>Capra sibirica</i>                                                                                             | Моляр                 | -19.5±0.7                  | 8.1±1.0                | N 46°12'0''<br>E 106°0'0''<br>~1450-1750 м<br>над.ур.м. |
| 2                              |                                | <i>Ovis aries</i>                                                                                                 | Моляр                 | -17.5±0.8                  | 11.2±1.1               |                                                         |
| 3                              | Восточногобийский <sup>2</sup> | <i>Bos taurus</i>                                                                                                 | Волосы/ кость*        | -18.0±1.1 /<br>-16.0±1.1   | 10.2±0.7 /<br>12.3±0.7 | N 45°25'48''<br>E 108°23'24''<br>~1570 м над.ур.м.      |
| 4                              |                                | <i>Capra sibirica</i>                                                                                             | Волосы / кость        | -20.9±0.9 /<br>-18.9±0.9   | 9.3±0.8 /<br>11.4±0.8  |                                                         |
| 5                              |                                | <i>Ovis aries</i>                                                                                                 | Волосы / кость        | -19.3±1.4 /<br>-17.3±1.4   | 10.6±0.4<br>/12.7±0.4  |                                                         |
| 6                              |                                | <i>Equus ferus caballus</i>                                                                                       | Волосы / кость        | -18.8 ±1.1 /<br>-16.8 ±1.1 | 8.1±0.7 /<br>10.2±0.7  |                                                         |
| Степь (Монголия)               |                                |                                                                                                                   |                       |                            |                        |                                                         |
| 7                              | Восточный <sup>3</sup>         | <i>Stipa krylovii</i> ,<br><i>Artemisia frigida</i> ,<br><i>Allium tenuissimum</i> ,<br><i>Potentilla acaulis</i> | Растение /<br>кость** | ~ -25,43 /~ -20,43         | —                      | N 48°2'24''<br>E 114°18'0''<br>~720 м над.ур.м.         |
| 8                              | Сухэ-Баторский <sup>3</sup>    | <i>Stipa krylovii</i> ,<br><i>Cleistogenes squarrosa</i> ,<br><i>Agropyron cristatum</i>                          | Растение /<br>кость   | ~ -25,94 /~ -20,94         | —                      | N 46°24'36''<br>E 113°10'12''<br>~1000 м над.ур.м       |
| Степь (Западное Забайкалье)    |                                |                                                                                                                   |                       |                            |                        |                                                         |
| 9                              | Мухоршибирский <sup>3</sup>    | <i>Stipa krylovii</i> ,<br><i>Artemisia frigida</i> , <i>Carex duriuscula</i> ,<br><i>Potentilla acaulis</i>      | растение /<br>кость   | ~ -27,16 /~ -22,16         | —                      | N 51°02'50''<br>E 107°49'25''<br>~950 м над.ур.м        |
| 10                             | Иволгинский <sup>3</sup>       | <i>Stipa krylovii</i> ,<br><i>Artemisia frigida</i> ,<br><i>Potentilla acaulis</i>                                | растение /<br>кость   | ~ -27,57/~ -22,57          | —                      | N 51°44'50''<br>E 107°16'45''<br>~550 м над.ур.м        |
| Лесостепь/лес (Ангара)         |                                |                                                                                                                   |                       |                            |                        |                                                         |
| 11                             | Ангара <sup>4</sup>            | <i>Capreolus pugargus</i>                                                                                         | Кость                 | -21.7±1.3                  | 6.2±2.4                | —                                                       |
| 12                             | Ангара <sup>4</sup>            | <i>Moschus moschiferus</i>                                                                                        | Кость                 | -20.4±0.4                  | 6.2±0.6                | —                                                       |

<sup>1</sup> Makarewicz, Tuross, 2006; <sup>2</sup> Davie et al., 2014; <sup>3</sup> Дамбаев и др., 2016; <sup>4</sup> Weber et al., 2011. \*  $\delta^{13}\text{C}_{\text{кость}} = \delta^{13}\text{C}_{\text{волосы}} + 2.0 \text{ ‰}$ ,  $\delta^{15}\text{N}_{\text{кость}} = \delta^{15}\text{N}_{\text{волосы}} + 2.1 \text{ ‰}$  (Kohzu et al., 2009). \*\*  $\delta^{13}\text{C}_{\text{кость}} = \delta^{13}\text{C}_{\text{растения}} + 5.0 \text{ ‰}$  [Bocherens, 2003; Святко, 2016]

Таблица 3.4 – Статистические критерии, рассчитанные с помощью Bayesian bootstrap\*

| Ландшафты<br>(число образцов) | Общие статистические показатели (с 95% доверительным интервалом) |       |       |     | Квантили |       |        |       |       |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------|-------|-----|----------|-------|--------|-------|-------|
|                               | Min                                                              | Max   | Mean  | SD  | 2.5      | 25    | Median | 75    | 97.5  |
| $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ |                                                                  |       |       |     |          |       |        |       |       |
| Пустыня/полу-пучтыня (5)      | -18.6                                                            | -16.8 | -17.9 | 0.5 | -18.9    | -18.3 | -17.9  | 17.6  | -16.6 |
| Степь (23)                    | -22.2                                                            | -21.3 | -21.7 | 0.2 | -22.7    | -21.9 | -21.7  | -21.6 | -21.3 |
| Лесостепь/лес (15)            | -23.4                                                            | -22.8 | -23.1 | 0.2 | -23.4    | -23.1 | -23.05 | -22.9 | -22.8 |
| $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ |                                                                  |       |       |     |          |       |        |       |       |
| Пустыня/полу-пустыня (5)      | 6                                                                | 7.9   | 6.9   | 0.5 | 6        | 6.6   | 6.9    | 7.3   | 7.9   |
| Степь (23)                    | 6.3                                                              | 7.9   | 7.1   | 0.4 | 6.3      | 6.8   | 7.1    | 7.3   | 7.9   |
| Лесостепь/лес (15)            | 5.5                                                              | 7.2   | 6.3   | 0.4 | 5.6      | 6     | 6.3    | 6.6   | 7.2   |

Примечание: \*Размер псевдовыборки для каждой ландшафтной зоны: 4000 значений.

Таблица 3.5 – Результаты U-теста Манна-Уитни

| Ландшафты<br>(число образцов)                | *U <sub>Cr</sub> | Изотопные отношения углерода |                                                                                               | Изотопные отношения азота  |                                              |
|----------------------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|
|                                              |                  | **U( $\delta^{13}\text{C}$ ) | Результат                                                                                     | U( $\delta^{15}\text{N}$ ) | Результат                                    |
| Полупустыня/пустыня (5) и степь(23)          | 24               | 6                            | U <sub>Cr</sub> > U( $\delta^{13}\text{C}$ )<br><br>Различия являются статистически значимыми | 64.5                       | U <sub>Cr</sub> < U( $\delta^{15}\text{N}$ ) |
| Степь (23) и лесостепь/лес (15)              | 106              | 39.7                         |                                                                                               | 118                        | Различия не являются статистически значимыми |
| Лесостепь/лес (15) и полупустыня/пустыня (5) | 14               | 4                            |                                                                                               | 46                         |                                              |

Примечание: \*U<sub>Cr</sub> – Таблица критических значений для U-теста Манна – Уитни (<https://real-statistics.com/statistics-tables/mann-whitney-table/>).

\*\*U – рассчитано согласно H.B.Mann и D.R.Whitney [(Mann, Whitney, 1947)].

#### ГЛАВА 4. ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЙ ШЕРСТИСТЫЙ НОСРОГ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: МОРФОЛОГИЯ, ИЗОТОПНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ

Вид шерстистого носорога *Coelodonta antiquitatis* входит в число вымерших представителей плейстоценовой мамонтовой фауны. Считается, что биомом этой фауны являлись мамонтовые степи (перегляционные степи или тундра-степи) и лесостепи Северной Евразии [Zimov et al., 1995]. Следует отметить, что среди плейстоценовых ориктоценозов, описанных в Европе, на большей части Сибири и Дальнего Востока преимущественно доминируют остатки мамонтов (*Mammuthus primigenius*), лошади (*Equus* sp.), бизона (*Bison priscus*) и северного оленя (*Rangifer tarandus*) [Вангенгейм, 1977; Алексеева, 1990; Гарутт, 2001; Kuzmin, 2010; Markova et al., 2013], тогда как находки костных, волосяных и мышечных тканей шерстистого носорога относительно редки [Гарутт, Боескоров, 2001; Boeskorov et al., 2011; Markova et al., 2013; van Geel et al., 2019].

В позднеплейстоценовых разрезах Забайкалья наблюдается иное видовое соотношение захороненной мегафауны. Здесь количественно преобладают находки костей шерстистого носорога, лошади, горного барана, избирательно, на археологических стоянках, дзерена [Равский и др., 1964, Базаров, 1968, Вангенгейм и др., 1969; Калмыков, 1999; 2000; Лбова и др., 2005; Клементьев, 2005], а костные остатки мамонтов встречаются редко. Подобное различие вероятно, обусловлено эколого-ландшафтными и климатическими особенностями Забайкалья в позднем плейстоцене, которые отличались от остальной части Сибири и были более благоприятны для существования этих животных, в частности для *Coelodonta antiquitatis*.

В настоящем разделе на основе анализа видового состава ориктоценозов, морфометрического и изотопного ( $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$ ) изучения костных остатков

шерстистых носорогов из палеолитических комплексов Хотык и Каменка представлена реконструкция возможных условий обитания *Coelodonta antiquitatis* в Западном Забайкалье.

#### **4.1. Литолого-биостратиграфическая характеристика палеолитических комплексов Хотык и Каменка**

Оба комплекса располагаются в бассейне р. Уда в центральной части Западного Забайкалья (рисунок 4.1). В геоморфологическом плане Удинская впадина является частью Селенгинского среднегорья, которая ориентирована в северо-восточном направлении и ограничена хребтами Улан-Бургасы с севера и хребтом Цаган-Дабан с юга.

##### *4.1.1. Археологический комплекс Хотык*

Археологический комплекс Хотык находится в северном борту Удинской впадины, на правом берегу р. Оны, правого притока р. Уды. Онинскую впадину с севера, востока и юга окружают Хомские гольцы, хребет Зусы и Худунский хребет, соответственно. Данный комплекс относится к Онинскому геоархеологическому району, объединяющего в себя несколько стоянок древнего человека, например, такие, как Хотык, Хотогой-Хабсагай, Ирэн-Хада и Санный мыс [Лбова, 2000]. Ниже приведена краткая литолого-геохронологическая характеристика с использованием данных С.М. Цейтлина, Л.М. Лбовой, В.Л. Коломийца, И.Н. Резанова [Лбова, 2000; Лбова и др., 2003]. Для позднплейстоценовых отложений Забайкалья нами использована система климатостратиграфических подразделений, рекомендованная МСК [Состояние..., 2008] и морские изотопные стадии (МИС) [Борисов, 2013]: сувинский горизонт соответствует казанцевскому для средней Сибири (МИС 5), томпинский – муруктинскому (МИС 4), степановский – каргинскому (МИС 3), ошурковский – сартанскому (МИС 2).

В 1997-1998 гг. совместной экспедицией Бурятского института общественных наук и Королевским музеем истории и искусств Бельгии раскопом местонахождения Хотык вскрыта толща мощностью до 4 м (восточная стенка раскопа № 2) [Лбова и др., 2003]. В его строении выделено 10 литологических слоев (6 археологических уровней) (рисунок 4.2).

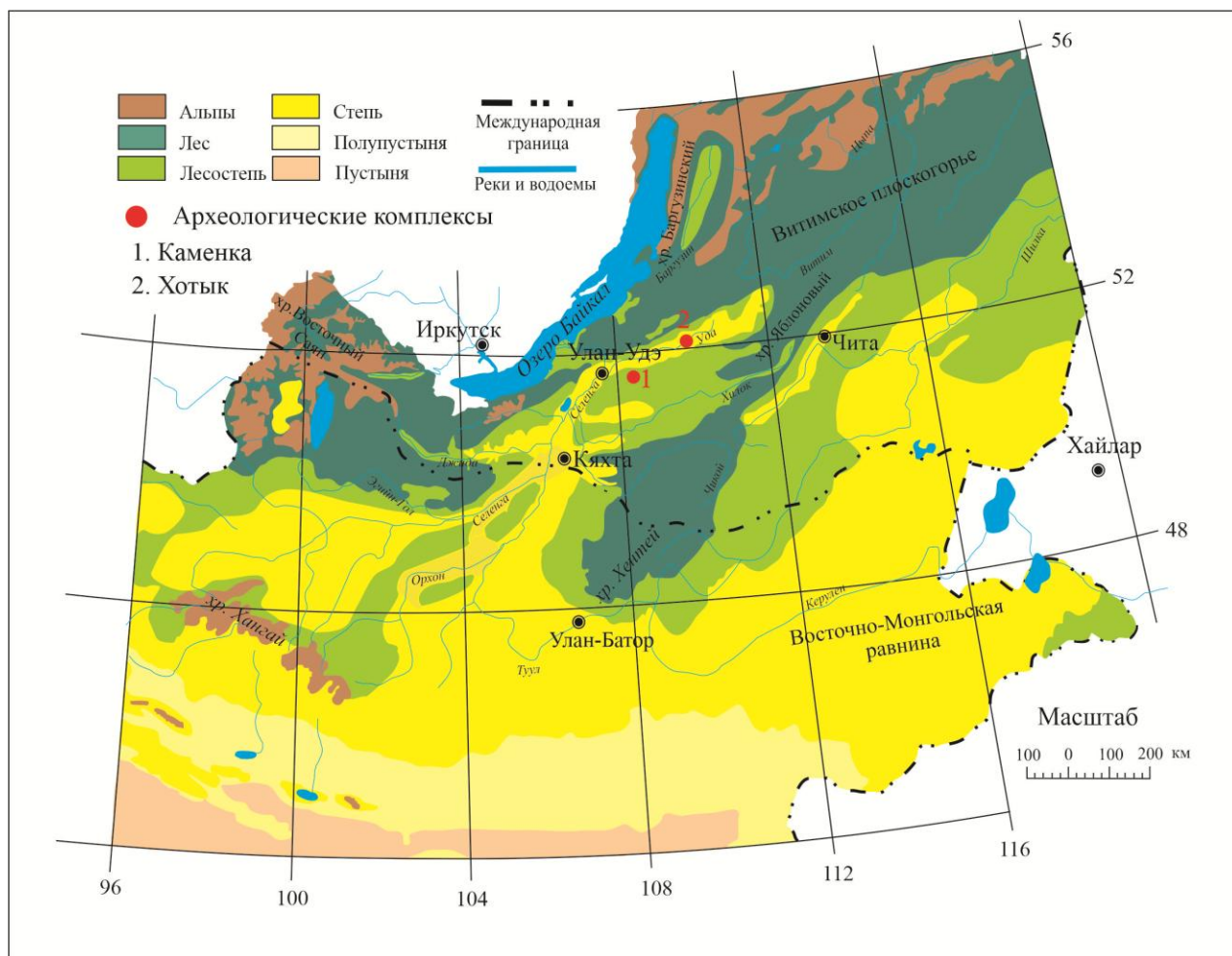


Рисунок 4.1 – Географическое положение археологических комплексов Хотык и Каменка в Западном Забайкалье [по данным Атлас Забайкалья, 1967; Экологический атлас бассейна..., 2015; Atlas of ecosystems..., 2019; Эколого-географический атлас ..., 2019]

Первые четыре слоя (сверху вниз) представлены песком и супесью с различным содержанием гумусовых веществ. В четвертом светло-каштановом супесном слое (1 уровень), мощностью 0,4-0,6 м были обнаружены такие фаунистические остатки, как *Canis lupus* (волк), *Vulpes Vulpes* (лисица),

*Coelodonta antiquitatis* (шерстистый носорог), *Equus* sp. (лошадь) и *Procapra gutturosa* (дзерен), видовой состав которых представлен в основном степной фауной (таблица 4.1). Пятый слой светло-серого лессовидного суглинка, мощностью 0,4-0,6 м, является вторым археологическим уровнем. Здесь были отобраны также, как и в первом уровне, костные остатки степных видов животных: *Canis lupus*, *Vulpes corsac*, *Vulpes vulpes*, *Coelodonta antiquitatis*, *Equus* sp., *Cervus elaphus* (благородный олень), *Capreolus* sp. (косуля), *Bison* sp. (бизон), *Procapra gutturosa*, *Ovis ammon*, Bovinae gen. indet. (быки) (табл. 4.1). Калиброванные значения радиоуглеродных дат этого слоя составляет 33901 – 32158 л.н. (СОАН-5082); 31294 – 29257 л.н. (АА-32669); 40917 – 34758 (АА-60267) (таблица 4.2)

Шестой слой (0,2-0,35 м) – желтовато-серый суглинок с равномерным включением дресвы и мелкого щебня. В нижней его части наблюдаются прослой, толщиной 2-3 см, черного гумусированного материала, артефакты и фауна – третий археологический уровень. Здесь были найдены костные остатки не только степной, но и лесной фауны: *Canis lupus*, *Vulpes corsac*, *Ursus* sp. (медведь), *Crocota* sp. (гиена), *Coelodonta antiquitatis*, *Equus* sp., *Equus (Hemionus) hemionus* (кулан), *Cervus elaphus*, *Bison* sp., *Procapra gutturosa*, *Ovis ammon*, Bovinae gen. indet (табл. 4.1). Этот уровень имеет следующие калиброванные значения радиоуглеродных дат: 46666 – 39831 л.н. (АА-60627), 37297 – 35718 л.н. (СОАН-5496), 34601 – 32871 л.н. (СОАН-5495), что соответствует второй половине степановского термохрона (таблица 4.2)

Седьмой (0,2-0,65 м) и восьмой (0,35-0,75 м) слои вмещают четвертый археологический уровень для этого уровня нет датировок, но согласно литологическим особенностям и культурным артефактам предполагается возраст формирования слоя – это заключительный этап томпинского (муруктинского) времени и начало степановского) [Лбова и др., 2005]. Особенностью этих слоев является то, что в них присутствуют криогенные нарушения в виде морозобойных клиньев. В состав седьмого слоя входят

супеси каштанового цвета, в восьмой – коричневые суглинки. В 4-ом уровне были обнаружены костные остатки *Canis lupus*, *Vulpes corsac*, *Coelodonta antiquitatis*, *Equus sp.*, *Bison sp.*, *Procapra gutturosa*, *Ovis ammon*, Bovinae gen. indet., а также только здесь была обнаружена кость *Saiga sp.* (сайга) (табл. 4.1) [Лбова, 2000, Клементьев, 2009; Клементьев, 2011]. Этот уровень характеризуется распространением степных видов животных, обитающих в открытых ландшафтах.

Девятый слой (0,4-0,65 м) сложен крупнозернистым заглиненным песком. В его строении выделяются два гумусированных прослоя, в которых обнаружены артефакты и фауна, (5 археологический уровень). Пятый уровень содержал такие фаунистические находки как *Coelodonta antiquitatis*, *Equus sp.*, *Procapra gutturosa* [Лбова, 2000; Клементьев, 2009; Клементьев, 2011].

Шестой культурной уровень соотносится с 10 литологическим слоем (0,5 м) состоящим из крупнозернистых песков желтовато-серого цвета, дресвы и глыбового материала. Девятый и десятый слой условно относятся к томпинскому времени [Лбова и др., 2005]. В десятом слое (6 уровень) встречен следующий фаунистический материал — это *Coelodonta antiquitatis*, *Equus sp.*, *Equus (Hemionus) hemionus*, *Bison sp.*, *Ovis ammon* (табл. 4.1). Для пятого и шестого археологических уровней видовой состав костного материала также характеризуется степными видами животных.

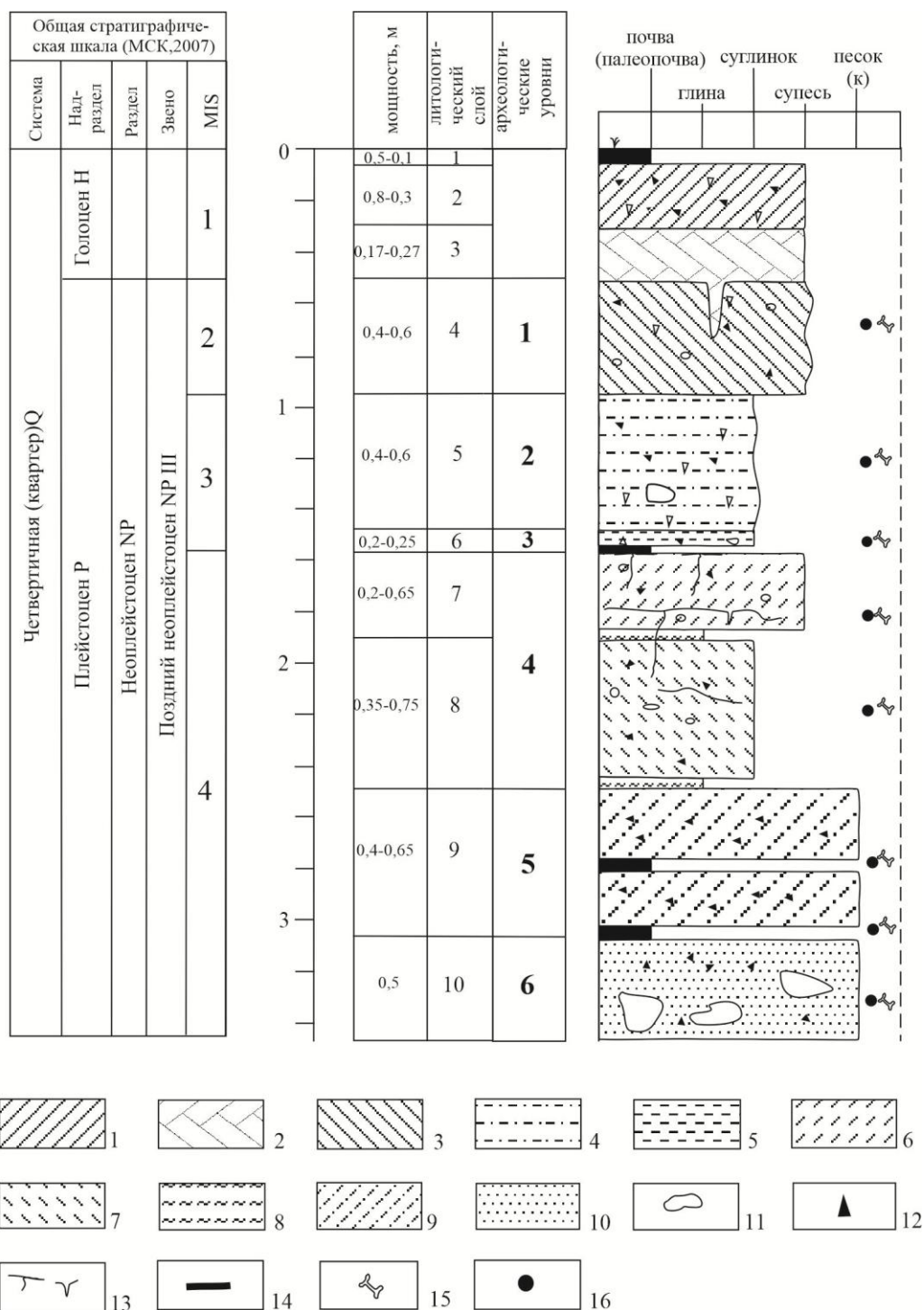


Рисунок 4.2 – Литолого-стратиграфическая колонка

археологического комплекса Хотык [по данным Лбовой и др., 2003]

Условные обозначения: 1 – супесь темно-каштановая; 2 – супесь бурая; 3 – супесь светло-каштановая; 4 – суглинок светло-серый, карбонатизированный; 5 – суглинок желтовато-серый; 6 – супесь каштановая; 7 – суглинок коричневый; 8 – глина белая; 9 – пески серовато-коричневые, крупнозернистые; 10 – пески желтовато-серые, крупнозернистые; 11 – глыбы; 12 – дресва; 13 – морозобойные клинья; 14 – почва (палеопочва); 15 – находки фауны; 16 – находки артефактов.



#### 4.1.2. Археологический комплекс Каменка

Археологический комплекс Каменка входит в Брянский геоархеологический район и расположен вблизи р. Брянка (левый приток р. Уда), около с. Новая Брянь, на юго-восточном склоне горы Каменка. Брянская впадина окружена с севера хребтами Цаган-Дабан и Мухор-Тала, с юга хребтом Барский.

В местонахождение Каменка описан следующий разрез песчаной толщи мощностью 12 метров (рисунок 4.3), который был вскрыт в 1990 году археологическим отрядом БИОН СО РАН под руководством Л.В. Лбовой. Верхний слой мощностью до 0,5 м сложен песками и имеет техногенное происхождение. Ниже идут второй и третий слои песков, с их общей мощностью до 2,3 м, с гумусированными прослоями и проявлениями карбонитизации. Подошва третьего слоя сложена песчано-гравийным материалом.

Слой четыре – это слабо-коричневые и светло-серые пески, по-видимому, озерно-аллювиального генезиса, мелко- и среднезернистого сложения с горизонтальной и слабоволнистой слоистостью, мощность слоя 1,5 м.

Следующий пятый слой (2,3 м), представлен коричневатými песками с линзами заглиненных голубоватых песков. Имеются мерзлотные нарушения в виде оборванной слоистости и наличия слегка наклонных клиньев.

Шестой слой коричневатые пески (1,7 м) с линзами и включениями щебнистого материала и серых разномзернистых заглиненных серых песков. В кровле слоя имеются мерзлотные нарушения, заполненные материалом слоя пять. В верхней части этого слоя выделен археологический комплекс "Б". Комплекс "Б" находится в ассоциации с гумусированными песками. В культуросодержащем слое "Б" были найдены такие фаунистические остатки как *Mammuthus primigenius* (мамонт), *Coelodonta antiquitatis*, *Bos/Bison/Procapra* (быки), *Procapra gutturosa*, которые, в большей степени, являются обитателями степных ландшафтов (таблица 4.1) [Лбова, 2000; Клементьев, 2011].

Калиброванные значения радиоуглеродной даты костных остатков составляет 33491 – 32496 л.н. (СОАН-3032) (таблица 4.1). Средняя часть слоя сильно карбонитизирована. Ниже также обнаруживаются гумусированные пески с артефактами – археологический комплекс "А". Здесь обнаружены костные остатки, обитающие в степных и лесных биоценозах: *Canis lupus*, *Vulpes corsac*, *Vulpes vulpes*, *Coelodonta antiquitatis*, *Equus* sp., *Equus (Hemionus) hemionus*, *Camelus* sp. (верблюд), *Cervus elaphus*, *Bos/Bison/Poephagus*, *Spirocerus kiakhtensis* (винторог), *Procapra gutturosa*, *Saiga* sp., *Ovis ammon* (табл. 4.1) [Лбова, 2000; Клементьев, 2011]. Данный уровень имеет следующие калиброванные значения радиоуглеродных дат: 31265 – 30534 (СОАН-3353), 35280 – 33765 (СОАН-3354), 35747 – 34310 (СОАН-3133), 42817 – 43974 (ОхА-12,116), 44151 – 45604 (ОхА-12,117), 42284 – 41328 (GrA-5435) (таблица 4.2).

Ниже выделены седьмой и восьмой слои с общей мощностью 1,6-1,7 м. Эти слои сложены прослоями коричневатых и темно-коричневых песков разной зернистости и суглинков. При этом широко распространены линзы дресвяного и гравийного материала, предполагающий делювиальный генезис. В обоих слоях имеются зоны почвообразования.

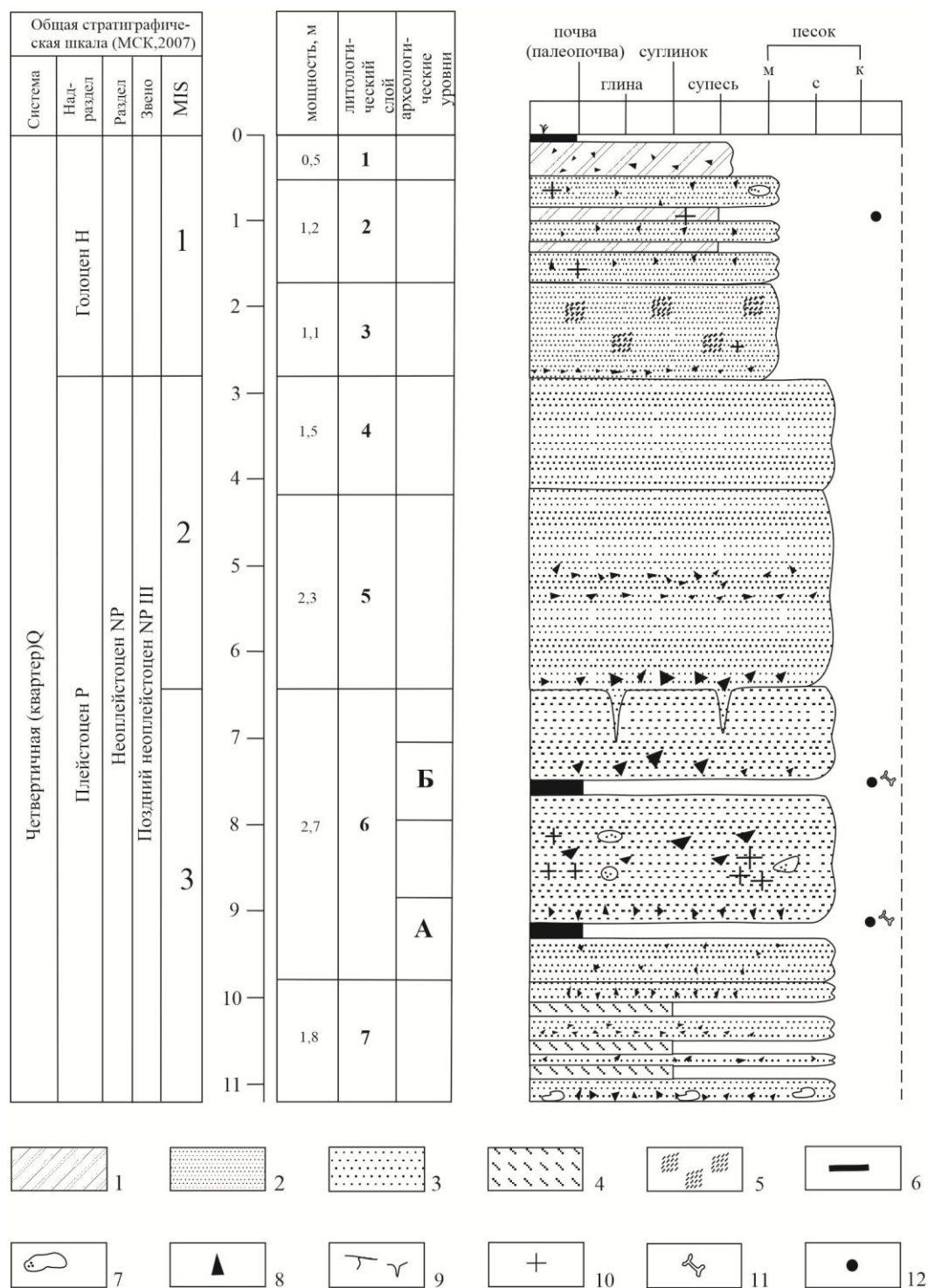


Рисунок 4.3 – Литолого-стратиграфическая колонка археологического комплекса Каменка [по данным Лбовой и др., 2003]

Условные обозначения: 1 – слабогумусированная супесь; 2 – песок мелкозернистый; 3 – песок среднезернистый; 4 – суглинок; 5 – гумусированные пятна; 6 – почва (палеопочва); 7 – глыбы; 8 – дресва; 9 – морозобойные клинья; 10 – карбонатизация; 11 – находки фауны; 12 – находки артефактов.

### *4.1.3. Спорово-пыльцевые данные о питании шерстистых носорогов*

Спорово-пыльцевые спектры позднеплейстоценовых отложений Западного Забайкалья (Хотык, Барун-Алан-1) содержат пыльцу следующих древесно-кустарниковых растений: сосны обыкновенной, кедровой сосны, берез, лиственниц, ивы, ольховника и верескоцветных. В травянистой растительности преобладает пыльца семейства злаковых, осоковых, лебедовых (маревых), сложноцветных (полыни) [Савинова, 1999; Лбова и др., 2005; Ташак, 2017]. Подобным растительным составом обладают и спорово-пыльцевые спектры содержимого желудочно-кишечного тракта Колымского и Чурапчинского носорогов, а также пищевых остатков, выделенных из складок эмали зубов носорога, найденного на берегу р. Халбуй (Якутия) [Гарутт и др., 1970; Boeskorov et al., 2011; Боескоров, 2012]. (таблица 4.3.). Кроме этого недавно проведённый спорово-пыльцевой анализ растительных остатков из складок коренных зубов шерстистого носорога (Нидерланды, Северное море), также показал, что в спектре количество пыльцы деревьев было незначительное, тогда как среди растительности преобладали злаки, осоковые, подорожниковые, лебедовые (маревые), ворсянковые, полыни и другие сложноцветные [van Geel et al., 2019].

Данные спорово-пыльцевых спектров свидетельствуют о том, что условия питания шерстистых носорогов в разных частях Евразии было близкими [Nowak et al., 1930; Гарутт, 1970; Лазарев, 1977; Boeskorov et al., 2011; Боескоров, 2012; van Geel et al., 2019].

## **4.2. Морфометрический анализ**

Ископаемый материал из археологических комплексов Хотык и Каменка (бассейн р. Уда в центральной части Западного Забайкалья) находится на хранении в коллекции музея БНЦ СО РАН [Мурзинцева, Клементьев, 2010]. Среди многочисленного материала из археологических комплексов Хотык и

Каменка морфометрическим исследованиям были подвергнуты наиболее сохранившиеся элементы: четыре затылочные части черепа, лучевая кость, две локтевые кости, вторая пястная кость, пять третьих пястных костей, четвертая пястная кость, третья плюсневая кость (рисунок 4.4, 4.5 и 4.6).



Рисунок 4.4 – Краниальная часть скелета *Coelodonta antiquitatis* из археологического комплекса Хотык в Западном Забайкалье  
Б-1(1) и Б-1(2) отобраны из второго уровня археологического комплекса Хотык; Г4 и Д-2, №502 – из третьего уровня археологического комплекса Хотык.

Также для статистического сопоставления морфологии забайкальских носорогов с шерстистыми носорогами других территорий были привлечены дополнительные материалы костных остатков шерстистого носорога из коллекций музеев Республики Бурятия и костные остатки, обнаруженные во время полевых работ в оврагах Мухоршибирского района. Сбор данных материалов для музейных коллекций проводился не специалистами и по этой причине костные остатки не имеют стратиграфической привязки и точных

данных по характеристике местонахождений. Овражные сборы представляют собой переотложенные образцы, поэтому для них также отсутствует геологическая привязка.

№ Хотык-06, Р2, слой 3, А-Б8



Рисунок 4.5 – Посткраниальный скелет *Coelodonta antiquitatis* из археологического комплекса Хотык в Западном Забайкалье

№ 577 – лучевая кость и № 578 – локтевая кость из второго уровня археологического комплекса Хотык; № Хотык-06, Р2, слой 3, А-Б8 – из третьего уровня археологического комплекса Хотык.





Рисунок 4.6 – Пястные и плюсневая кости посткраниального скелета *Coelodonta antiquitatis*, отобранных из археологического комплекса Хотык и Каменка в Западном Забайкалье

№ 568, № 570, № 571 – третья пястная кость из второго уровня археологического уровня Хотык; № 569 – третья пястная кость из третьего уровня археологического комплекса Хотык, № 127 – третья пястная кость и № 128 – четвертая пястная кость из археологического комплекса Каменка-А; № 573 – вторая пястная кость из третьего уровня археологического комплекса Хотык; № 572 – третья плюсневая кость из первого уровня археологического комплекса Хотык.

Из археологического комплекса Хотык (2-й и 3-й уровень) краниальная часть *Coelodonta antiquitatis* была представлена только задними отделами четырех черепов (Б-1(1); Б-1(2); Г4; Д-2, №502) (рисунок 4.4). Поверхность черепов имеет небольшие разрушения (трещины, полости) и следы действия почвенной биоты. Скуловые дуги обломаны. Лобная мозоль и изгиб в месте срастания лобных и носовых костей в исследуемых черепах выражены незначительно. Затылок имеет прямоугольную и трапециевидную формы. Затылочные отверстия черепов треугольной и овальной формы, суживающиеся в верхней части. Затылочные гребни развиты хорошо и нависают над задней частью затылочной кости. Образцы в основном соломенного цвета с небольшими вкраплениями темно-бурого цвета (окислы марганца или железа).

Отобранные костные остатки посткраниального скелета *Coelodonta antiquitatis* из археологических комплексов Хотык и Каменка «А» представлены в следующими костями: лучевой (№ 577), локтевыми (№ 578; № Х-06, Р2, С3, А-Б8), пястными (№ 568; № 569; № 570; № 571; № 573; № 127; № 128) и плюсневой (№ 572). Цвет образцов варьировал от светло-желтого до темно-коричневого и сероватого цвета. Кости имеют различную сохранность. У лучевой кости (№ 577) обломана суставная поверхность дистального эпифиза (рис. 4.5). Локтевая кость (№ 06, Р2, слой 3, А-Б8) из 3-го уровня местонахождения Хотык хорошей сохранности. У другой локтевой кости (№ 578) из второго уровня Хотык разрушен локтевой бугор и нижний эпифиз (рисунок 4.5).

Хорошо сохранившаяся вторая левая пястная кость (№ 573) – длинная и стройная (рисунок 4.6). Из пяти третьих пястных костей, две имеют поврежденные верхние эпифизы (№ 568, № 571), другие три сохранились полностью (№ 570, № 569 и №127). Из них, наиболее крупные размеры имеют пястные кости № 570 и №127 (рисунок 4.6). Небольшие размеры имеет хорошо сохранившаяся четвертая правая пястная кость с археологического комплекса Каменка "А" (№ 128) (рисунок 4.6). Третья правая плюсневая кость (№ 572)



средней ширины и удлинённого строения. У этой кости повреждена суставная поверхность верхнего эпифиза на латеральной стороне и на нижнем эпифизе разрушена надсуставная поверхность с передней и задней стороны (рисунок 4.6).

Привлеченный дополнительный материал из коллекций музеев Республики Бурятия и полевых сборов для морфометрических исследований имели хорошую сохранность. Были измерены шестнадцать черепов, плечевые, локтевые, лучевые, бедренные и пястные кости шерстистого носорога (таблица 4.4 – 4.11).

Основные промеры и сравнение размеров черепов шерстистых носорогов из Западного Забайкалья с черепами из иных местонахождений Евразии приведено в таблицах 4.4 и 4.5, соответственно. На рисунке 4.7А показано, что по общей длине черепа носороги из Западного Забайкалья отличаются крупностью. Средние значения общей длины черепа забайкальских животных составляет около 831 мм, при средних значениях ширины в области наибольшего выпуклания скул около 351 мм. Близкие значения имели шерстистые носороги из Приангарья (общая длина черепа – 806 мм, ширина в области наибольшего выпуклания скул – 330 мм) [Ермолова, 1978]. В целом носороги из других регионов характеризуются средним параметром длины около 790 мм.

Сравнение промеров посткраниального скелета шерстистых носорогов из Западного Забайкалья с костями шерстистых носорогов из других областей Евразии, показало, что Западно-Забайкальские шерстистые носороги по промерам некоторых костей крупнее, чем например, носороги из Среднего Урала [Кузьмина, Кузьмина, 1995], Якутии [Лазарев, 1998], Юго-Востока Западной Сибири [Алексеева, 1980], Северного Прибайкалья [Калмыков, 1990], а также из долины реки Ангары [Ермолова, 1978] (рисунок 4.7 - 4.15; таблица 4.4 - 4.11).

Средние пястные кости (МС, III) шерстистых носорогов немного крупнее (общая длина была от 215 мм до 192 мм, ширина верхнего эпифиза от 76 мм до 65 мм), чем у носорогов других регионов Евразии: для Юга-Востока Западной Сибири длина кости составляет от 183 до 193 мм, ширина верхнего эпифиза от 60 до 70 мм [Алексеева, 1980], для Среднего Урала – общая длина от 163 до 182 мм, ширина верхнего эпифиза – от 60 до 71 мм [Кузьмина, Кузьмина, 1995] (рисунок 4.7 Б; таблица 4.6).

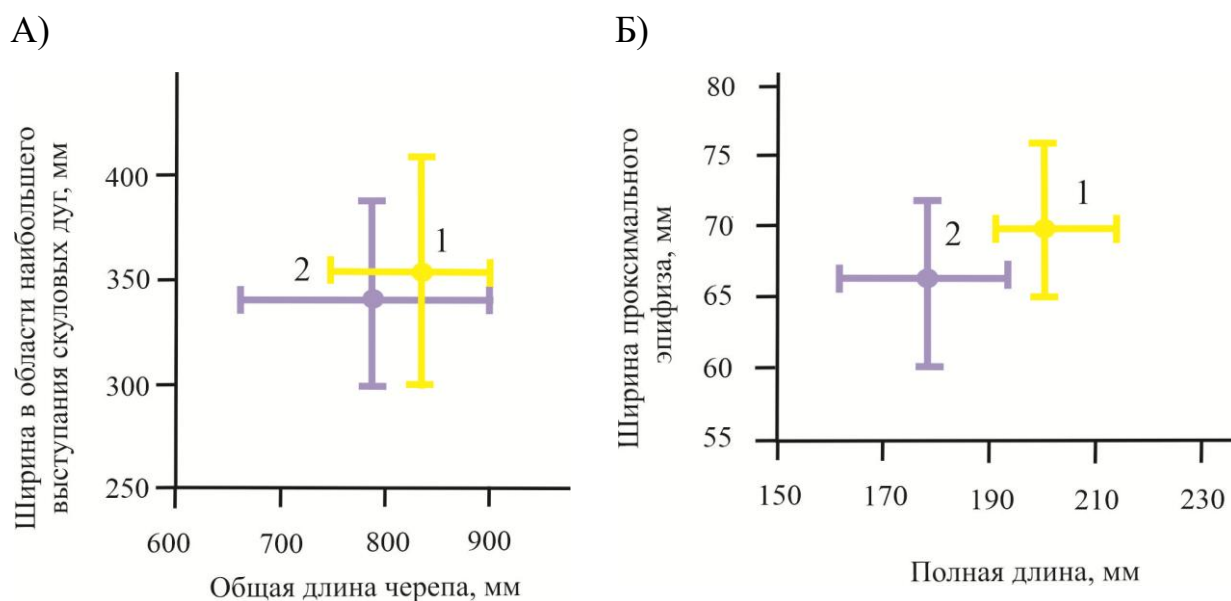


Рисунок 4.7 – (А) – размеры черепа и третьей пястной кости *Coelodonta antiquitatis*

1 – Западное Забайкалье (исследования автора); 2 – Евразия [по данным Ермолова, 1978; Borsuk Bialynicka, 1973; Кузьмина, Кузьмина, 1995; Kahlke, Lacombe, 2008]. Морфометрические данные приведены в таблицах 4.4 и 4.5. (Б) – размеры третьей пястной кости *Coelodonta antiquitatis*: 1 – Западное Забайкалье (исследования автора); 2 – Евразия [по данным Алексеева, 1980; Лазарев, 1998; Калмыков, 1990; Кузьмина, Кузьмина, 1995]. Морфометрические данные приведены в таблице 4.6. Планки обозначают максимальные и минимальные значения размеров, а точкой обозначено их среднее значение.

Промеры второй (длина до 180 мм) и четвертой (длина 160 мм) (таблица 4.7) пястных костей также выходит за пределы значений этих же промеров шерстистых носорогов Евразии.

Длина III плюсневой (метатарсальной) кости (№ 572) составляет 160 см, аналогичная же кость шерстистого носорога со Среднего Урала [Кузьмина, Кузьмина, 1995] в среднем составляет 139 см (таблица 4.8).

Максимальная длина локтевой кости носорога из Западного Забайкалья варьировала от 520 до 550 мм (для Северного Прибайкалья - 490 мм [Калмыков, 1990], для Юго-Востока Западной Сибири – до 450 мм [Алексеева, 1980], для долины реки Ангары – 500 мм [Ермолова, 1978] (рисунок 4.8А; таблица 4.9).

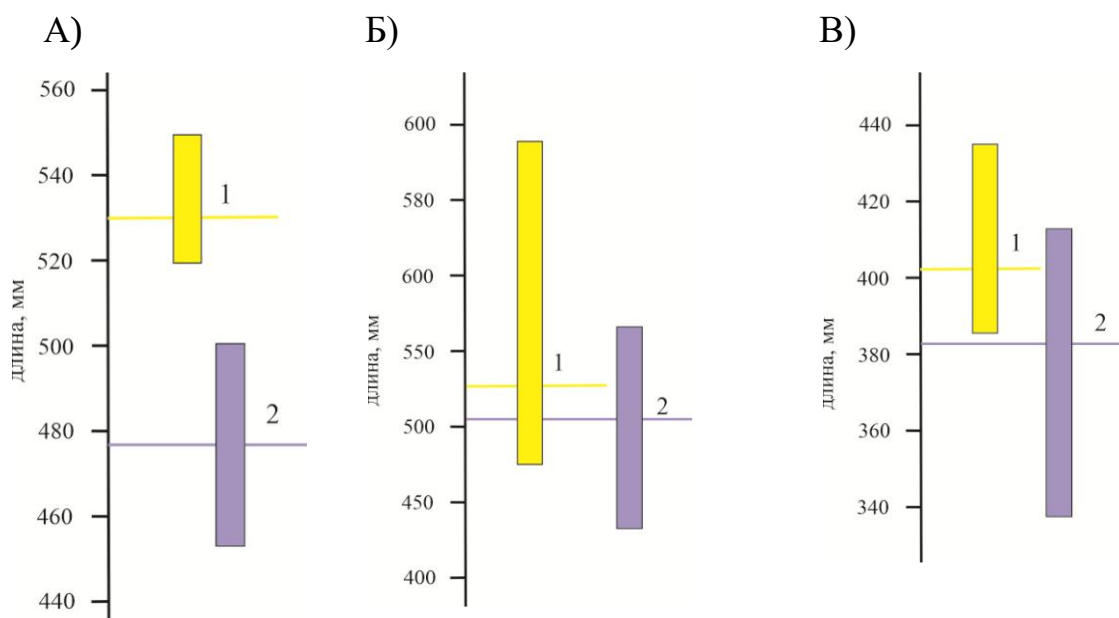


Рисунок 4.8 – Размеры локтевой, бедренной и большеберцовой кости *Coelodonta antiquitatis*

(А) – размеры локтевой кости *Coelodonta antiquitatis*: 1 – Западное Забайкалье (исследования автора); 2 – Евразия [по данным Ермолова, 1978; Калмыков, 1990; Лазарев, 1998]. (Б) – размеры бедренной кости *Coelodonta antiquitatis*: 1 – Западное Забайкалье; 2 – Евразия [по данным Ермолова, 1978; Кузьмина, Кузьмина, 1995; Лазарев, 1998]. (В) – размеры большеберцовой кости *Coelodonta antiquitatis*: 1 – Западное Забайкалье (исследования автора); 2 – Евразия [Ермолова, 1978; Кузьмина, Кузьмина, 1995; Лазарев, 1998]. Планки обозначают максимальные и минимальные значения размеров, а линией обозначено их среднее значение.

Бедренные кости шерстистого носорога из Западного Забайкалья являются крупнее (длина бедренной кости составляет от 473 до 590 мм, ширина дистального эпифиза варьирует от 150 до 190 мм), чем тем же кости из других

регионов Евразии. Например, для Среднего Урала длина кости и ширина дистального эпифиза составляет от 432 до 510 мм и от 124 до 157 мм, соответственно [Кузьмина, Кузьмина, 1995]; для долины реки Ангары - длина кости 510 и 560 мм, а ширина дистального эпифиза варьирует от 136-165 мм [Ермолова, 1978] (рисунок 4.8Б; таблица 4.10).

По промерам большеберцовые кости шерстистого носорога из Западного Забайкалья (длина кости - от 385 до 435 мм; ширина проксимального эпифиза - от 120 до 145 мм) также несколько крупнее большеберцовых костей из других регионов: для долины реки Ангары длина кости и ширина проксимального эпифиза составляет от 360 до 410 мм и от 130 до 146 мм, соответственно [Ермолова, 1978]; для Среднего Урала – от 338 до 379 мм длина кости, а ширина проксимального эпифиза – от 127 до 144 мм [Кузьмина, Кузьмина, 1995] (рисунок 4.8 В, таблица 4.11)

Длина плечевой кости шерстистых носорогов из Западного Забайкалья варьирует от 430 до 480 мм и является крупнее плечевых костей из других регионов: для Среднего Урала длина кости составляет от 345 до 400 мм [Кузьмина, Кузьмина, 1995], для Юго-Востока Западной Сибири - от 130 до 146 мм [Алексеева, 1980] (рисунок 4.9 А, таблица 4.12)

Лучевые кости шерстистых носорогов из Западного Забайкалья также являются крупными. Длина кости составляет от 412 до 422 мм, а ширина проксимального эпифиза варьирует от 115 до 128 мм. Размеры длины лучевых костей из других регионов меньше и варьируют от 372 до 405 мм для долины реки Ангары [Ермолова, 1978], 372 и 385 мм - для Среднего Урала [Кузьмина, Кузьмина, 1995] (рисунок 4.9А, таблица 4.13).

Следует отметить, что для определения возможных условий обитания шерстистых носорогов Гарутт Н.В. при описании морфоэкологической адаптации черепа шерстистого носорога выделила морфотипы, соответствующие определенным экологическим условиям обитания [Гарутт, 1998; Гарутт, Боескаров, 2001]. При изменении адаптивных свойств

мозговой части черепа эти свойства также выразились и в изменении строения затылочной части. Для степного морфотипа характерно значительное развитие затылочного гребня и сильное его выступание над затылочной плоскостью черепа, крупные затылочные мышелки и ровную плоскость затылочной чешуи (угол наклона затылочной чешуи к базальной плоскости составляет  $90^\circ$  -  $110^\circ$ ). Также для степных видов характерно пологонаклоненная теменная плоскость (угол к плоскости лобных костей составляет  $158$ - $160^\circ$ ) [Zeuner, 1936; Гарутт, 1998; Гарутт, Боесков, 2001].

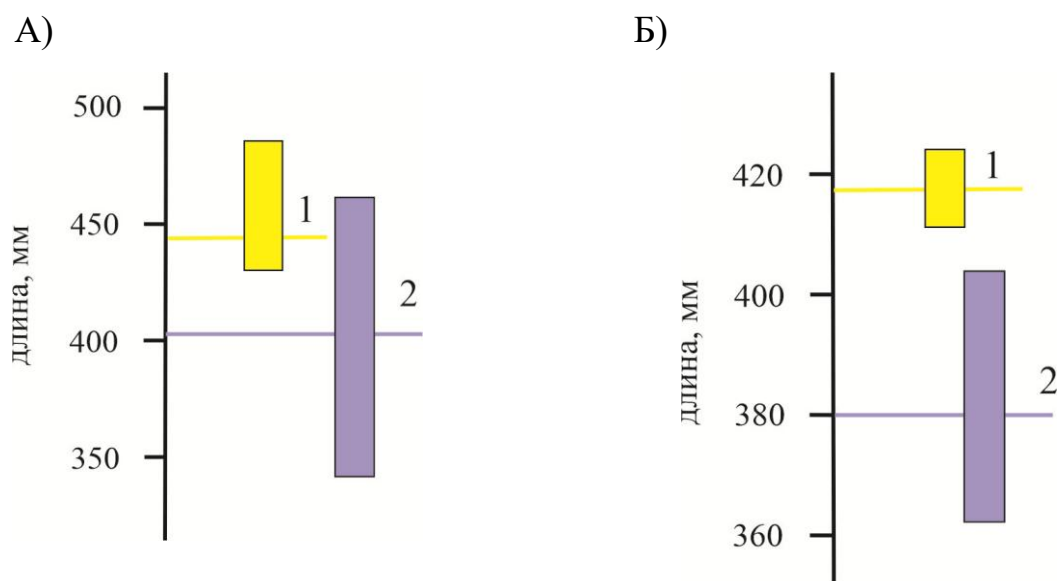


Рисунок 4.9 – размеры плечевой и лучевой кости

(А) – размеры плечевой кости *Coelodonta antiquitatis*: 1 – Западное Забайкалье (исследования автора); 2 – Евразия [по данным Ермолова, 1978; Кузьмина, Кузьмина, 1995; Лазарев, 1998; Калмыков, 1990]. (Б) – размеры лучевой кости *Coelodonta antiquitatis*: 1 – Западное Забайкалье (исследования автора); 2 – Евразия [по данным Ермолова, 1978; Калмыков, 1990; Кузьмина, Кузьмина, 1995]. Планки обозначают максимальные и минимальные значения размеров, а линией обозначено их среднее значение.

При морфологическом описании затылочные части шерстистых носорогов из Западного Забайкалья характеризуются перечисленными выше признаками, что позволяет отнести их к степному морфоэкологическому виду. На это указывает и величина затылочного угла, варьирующая от  $97^\circ$  до  $120^\circ$  и угол наклона теменной плоскости к плоскости лобных костей, который больше  $160^\circ$ . Кроме этого, по данным Гарутт Н.В. [Гарутт, 2001; Гарутт и Боесков, 2001].

2001] большие размеры шерстистых носорогов могут свидетельствовать об обитании их в степных условиях по сравнению с лесостепными шерстистыми носорогами, для которых характерно меньшие размеры. Также, в своих исследованиях Кузьмины [Кузьмина, Кузьмина, 1995] указывают, что крупные размеры костей конечностей шерстистых носорогов свидетельствуют о благоприятных условиях для их обитания. То есть для забайкальских носорогов Западное Забайкалье являлось наиболее положительным местом обитания, по-видимому, с хорошей пищевой и питьевой базой.

### 4.3. $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ изотопный анализ

При проведении изотопных исследований были отобраны следующие костные остатки (рисунок 4.10) шерстистого носорога из предполагаемой томпинской ступени (МИС 4): из 6-го уровня – трубчатая кость; из 5-го уровня – костный фрагмент; из 4-го уровня – фрагмент зуба и фрагмент нижней челюсти с фрагментом зуба D2. Из степановской ступени (МИС 3) – фрагмент ребра из 2-го уровня археологического комплекса Хотык, а также коренной зуб из комплекса "А" и фрагмент бедренной кости из комплекса "Б" археологического местонахождения Каменка.

В образцах, отобранных для исследования на изотопный состав (табл. 4.14), соотношение атомных количеств углерода и азота в коллагене находилось в пределах от 2.9 до 3.6, при этом содержание углерода в белке было не менее 28%, а азота – не менее 10%. Данные показатели свидетельствует об удовлетворительной степени сохранности этих образцов [Ambrose, 1990; van Klinken, 1999; Святко, 2016]. Исключение составляет атомное соотношение  $\text{C}/\text{N}_{\text{ат}}$  в образце № И9В (4 уровень, Хотык), имеющее значение 2.6, которое свидетельствует о плохой сохранности палеонтологического материала. Данный образец был исключен из обсуждения.

#### 4.3.1. Изотопный состав углерода

Изотопный состав углерода забайкальских шерстистых носорогов костного коллагена варьирует от -20.6 до -19.5 ‰, дентин имеет чуть более утяжеленный состав от -19.8 до -18.8‰ (рисунок 4.11, таблица 4.14). Для сравнения, значения изотопного состава углерода  $\delta^{13}\text{C}$  у позднеплейстоценовых травоядных животных тундростепи северной части Сибири варьировали широко от -27.7 до -18‰ (самые утяжеленные значения характерны для северных оленей, питающихся лишайниками), а для шерстистого носорога значения  $\delta^{13}\text{C}$  составляли от -24.6‰ до -20.4‰ [Николаев, Рысков, Якумин, 2006; Iacumin et al., 2000; Tiunov and Kirillova, 2010; Ди Маттео и др., 2013; Kirillova et al., 2015]. Значения изотопов углерода шерстистых носорогов из пещеры Склеин, Бельгия варьировали от -21.1‰ до 20.0‰ [Bocherens et al., 1997]. Согласно многочисленным реконструкциям, в Северной Евразии, шерстистый носорог обитал в основном в тундростепных открытых ландшафтах (мамонтовая степь) [Kahlke, Lacombat, 2008; Боескоров, 2012; van Geel et al., 2019; Puzachenko et al., 2021].

При этом изотопный состав углерода представителей вида *Coelodonta antiquitatis* ( $\delta^{13}\text{C}$  от -20.6 до -18.8‰), обитавших в позднем плейстоцене в бассейне р. Уда Западного Забайкалья, немного тяжелее и более близок к составу травоядных животных современной степи (рисунок 4.11). Учитывая, что значения  $\delta^{13}\text{C}$  в коллагене костей травоядных животных отличается повышением на 5‰ от изотопного состава их пищи [Bocherens, 2003], то пища забайкальских носорогов характеризовалась значениями  $\delta^{13}\text{C}$  около -25‰. Данный показатель близок к изотопному составу современных фитоценозов настоящих степей Монголии и Забайкалья, для которых  $\delta^{13}\text{C}$  в среднем составляет -25.6‰ (с учетом эффекта Зюсса) [Davie et al., 2014, Буянтуева и др., 2012, Хубанова и др., 2015; 2016, Khubanova et al., 2023, Хубанова и др. 2024].

Таким образом, средой обитания носорогов Европы и северной части Сибири были тундростепные и лесостепные ландшафты, тогда как носороги Западного Забайкалья имеет немного утяжеленный изотопный состав углерода,

что предполагает питание растительностью с C3 типом фотосинтеза настоящей степи (рисунок 4.11).

#### 4.3.2. Изотопный состав азота

Значения отношений изотопов азота в костных остатках представителей *Coelodonta antiquitatis* из Западного Забайкалья варьирует от 3.1 до 5.8‰ в коллагене, в дентине значения составляют 5.1‰ и 6.8‰. Данные значения меньше, чем значения  $\delta^{15}\text{N}$  (от 5.2 до 10.8‰) шерстистых носорогов из бассейна р. Малый Анюй (п-ов Чукотка), обитавших в условиях позднеплейстоценовой тундростепи [Tiunov and Kirillova, 2010; Kirillova et al., 2015], и отличается от значений  $\delta^{15}\text{N}$  шерстистых носорогов из Бельгии (от 5.3 до 7.5‰), которые также обитали в условиях холода [Bocherens et al., 1997] (рисунок 4.11, таблица 4.14).

Следует отметить, что для современных травоядных животных центральноазиатских сухих степей и полупустынь характерны более высокие отношения изотопов азота ( $\delta^{15}\text{N}$  7–13‰) (рисунок 4.11). Наиболее высокие показатели отношений изотопов азота характерны для животных, испытывающих водный и пищевой стресс, что обычно для аридных условий и деградированных пастбищ [Bocherens, 2003].

Следовательно, относительно облегчённый изотопный состав азота  $\delta^{15}\text{N}$  для шерстистых носорогов обусловлены тем, что они не испытывали дефицита пищи и воды. Вероятно, их выпас находился в низинной части межгорной Удинской впадины, где имелся пресноводный водоем и/или водоемы с достаточным количеством кормовых запасов на прилегающих открытых склонах со степной растительностью.

О существование в то время стационарных проточных бассейнов и блуждающих водотоков равнинного и полугорного типов свидетельствует широкое распространение средне- и позднеплейстоценовых аллювиальных (речных и озерных) псаммитовых, реже псефитовых, отложений, слагающих



средние и низкие террасы впадин, в том числе Удинской, Западного Забайкалья  
[Будаев, Коломиец, 2013]



Рисунок 4.10 – Костные и зубные образцы *Coelodonta antiquitatis*, отобранных из археологических комплексов Хотык и Каменка Западного Забайкалья, для определения в них изотопных отношений углерода и азота

1 – трубчатая кость (6 уровень, Хотык); 2 – фрагмент кости (5 уровень, Хотык); 3 – фрагмент нижней челюсти с фрагментом зуба D2 (4 уровень, Хотык); 4 – фрагмент зуба (4 уровень, Хотык); 5 – коренной зуб (комплекс "А", Каменка); 6 – фрагмент ребра (2 уровень, Хотык); 7 – фрагмент бедренной кости (комплекс "Б", Каменка).

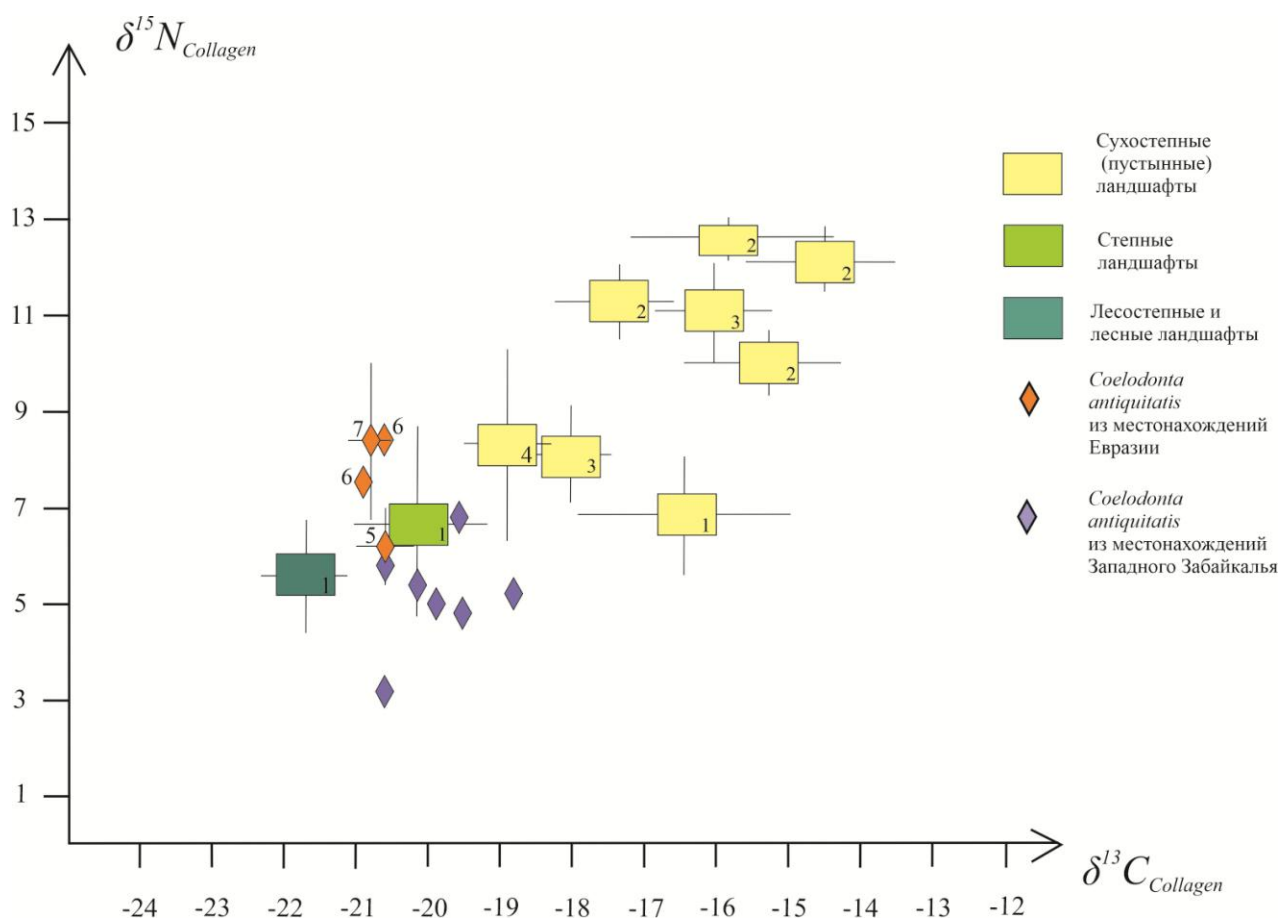


Рисунок 4.11 – Изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) и азота ( $\delta^{15}\text{N}$ ) костного и зубного материала *Coelodonta antiquitatis* Западного Забайкалья

Современная травоядная фауна (прямоугольник с планками в одно стандартное отклонение): бледно-желтый цвет – фауна пустынь/полупустынь, светло-зеленый – фауна степных ландшафтов, темно-зеленый – фауна лесостепных/лесных ландшафтов: 1 – Khubanova et al., 2023; 2 – Davie et al., 2014; 3 – Makarewicz, Tuross, 2006, 4 – Ananyevskaya et al., 2020.

Значения изотопного состава *Coelodonta antiquitatis* из местонахождений Западного Забайкалья (фиолетовый ромб) – по данным автора; значения изотопного состава *Coelodonta antiquitatis* из различных местонахождений (оранжевый ромб): 5 – пещера Склеин, Бельгия [Bocherens et al., 1997]; 6 – Якутия [Bocherens et al., 1996]; 7 – Чукотка [Kirillova et al., 2015].

#### 4.4. Резюме

Сравнительный анализ черепного материала шерстистых носорогов Западного Забайкалья показал, что по морфологическому строению они не отличаются от носорогов других евразийских местонахождений, и по совокупности данных относятся к степной экоморфологической группе.

О том, что в Западном Забайкалье обитали относительно крупные шерстистые носороги, говорят данные о размерах черепов и посткраниального скелета. Подобная укрупненность костей вероятно обусловлена благоприятными условиями питания и обитания носорогов [Кузьмина, Кузьмина, 1995].

Состав фауны, в том числе местонахождений Хотык и Каменка, состоящей из дзерефов, лошадей, шерстистых носорогов, лошадей, аргали и др. предполагает доминирование открытых степных ландшафтов в позднем плейстоцене Западного Забайкалья [Оводов, 1987; Калмыков, 1999; Клементьев, 2005].

Спорово-пыльцевой состав разрезов, в которых были найдены костные остатки шерстистых носорогов в Западном Забайкалье, а также пыльцевые спектры из пищевых остатков Колымского, Чурапчинского и носорога, найденного на р. Халбуй, представлены луговой и степной растительностью, с преобладанием злаковых и полыни.

Изотопный состав углерода забайкальских шерстистых носорогов немного утяжелен, чем у носорогов других регионов Евразии. Вероятно, это обусловлено тем, что они обитали в разных ландшафтных условиях: первые – в степных, близких современной степи Забайкалья, последние – тундростепи, с более холодными условиями.

Изотопный состав азота забайкальских носорогов отличен в сторону облегчения, и указывает на то, что они предпочитали обитать в низинной части долин Забайкалья, где было достаточно водных и кормовых ресурсов, и они не испытывали дефицита пищи и воды.

Таблица 4.1 – Видовой состав крупных млекопитающих археологических комплексов Хотык и Каменка

| Вид                                          | Хотык        |              |              |              |              |              | Каменка |     |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|-----|
|                                              | Уровень<br>1 | Уровень<br>2 | Уровень<br>3 | Уровень<br>4 | Уровень<br>5 | Уровень<br>6 | А       | В   |
| <i>Mammuthus primigenius</i><br>(Мамонт)     | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -       | 1/1 |
| <i>Canis lupus</i> (Волк)                    | 1/1*         | 41/3         | 22/1         | 19/1         | -            | -            | 4/1     | -   |
| <i>Vulpes corsac</i><br>(Корсак)             | -            | 9/2          | 8/2          | 1/1          | -            | -            | 1/1     | -   |
| <i>Vulpes vulpes</i><br>(Лисица)             | 1/1          | 1/1          | -            | -            | -            | -            | 1/1     | -   |
| <i>Ursus sp.</i> (Медведь)                   | -            | -            | 1/1          | -            | -            | -            | -       | -   |
| <i>Crocota sp.</i> (Гиена)                   | -            | -            | 2/1          | -            | -            | -            | -       | -   |
| <i>Coelodonta antiquitatis</i>               | 2/1          | 94/5         | 37/2         | 9/2          | 1/1          | 2/1          | 7/2     | 2/1 |
| <i>Equus sp.</i>                             | 39/1         | 217/5        | 329/5        | 26/2         | 17/1         | 2/1          | 173/6   | -   |
| <i>Equus (Hemionus) hemionus</i> (Кулан)     | -            | -            | 4/1          | -            | -            | 1/1          | 6/1     | -   |
| <i>Camelus sp.</i><br>(Верблюд)              | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 3/1     | -   |
| <i>Cervus elaphus</i><br>(Благородный олень) | -            | 9/1          | 1/1          | -            | -            | -            | 2/1     | -   |
| <i>Capreolus sp.</i><br>(Косуля)             | -            | 3/1          |              | --           | -            | -            | -       | -   |
| <i>Bison sp.</i> (Бизон)                     | -            | 3/1          | 6/1          | 2/2          | -            | 2/1          | -       | -   |
| <i>Bos/Bison/Poephagus</i><br>(Быки)         | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 13/2    | 3/1 |
| <i>Spirocerus kiakhtensis</i><br>(Винторог)  | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 1/1     | -   |
| <i>Procapra gutturosa</i><br>(Дзерен)        | 34/1         | 754/20       | 309/13       | 23/2         | 11/1         | -            | 227/6   | 1/1 |
| <i>Saiga sp.</i> (Сайга)                     | -            | -            | -            | 1/1          | -            | -            | 1/1     | -   |
| <i>Ovis ammon</i><br>(Аргали)                | -            | 32/2         | 22/1         | 3/1          | -            | 5/1          | 22/3    | -   |
| <i>Bovinae gen.indet.</i><br>(Быки)          | -            | 3/1          | 3/1          | 15/1         | -            | -            | 11      | -   |

\*Здесь и далее в числителе указано количество остатков, в знаменателе - минимальное количество особей.

Таблица 4.2 – Радиоуглеродные даты

| Археологический комплекс | Некалиброванная дата | Калиброванная дата (Cal BP) | Образец | Лабораторный номер | Литература                        |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------|---------|--------------------|-----------------------------------|
| Хотык, 2 уровень         | 26220±550            | 31294 – 29257               | уголь   | АА-32669           | Орлова, 2005                      |
| Хотык, 2 уровень         | 28770±245            | 33901 – 32158               | кость   | СОАН-5082          | Кузьмин, 2011                     |
| Хотык, 2 уровень         | 32700±1400           | 40917 – 34758               | кость   | АА-60267           | Кузьмин, 2011                     |
| Хотык, 3 уровень         | 38200±1800           | 46666 – 39831               | кость   | АА-60627           | Кузьмин, 2011                     |
| Хотык, 3 уровень         | 29310±370            | 34601 – 32871               | кость   | СОАН-5495          | Орлова, 2005                      |
| Хотык, 3 уровень         | 32120±340            | 37297 – 35718               | кость   | СОАН-5496          | Орлова, 2005                      |
| Каменка, комплекс Б      | 28815±150            | 33491 – 32496               | кость   | СОАН-3032          | Кузьмин, 2011; Zwyns, Lbova, 2019 |
| Каменка, комплекс А      | 26760±265            | 31265 – 30534               | кость   | СОАН-3353          | Кузьмин, 2011; Zwyns, Lbova, 2019 |
| Каменка, комплекс А      | 30460±430            | 35280 – 33765               | кость   | СОАН-3354          | Кузьмин, 2011; Zwyns, Lbova, 2019 |
| Каменка, комплекс А      | 31060±530            | 35747 – 34310               | кость   | СОАН-3133          | Кузьмин, 2011; Zwyns, Lbova, 2019 |
| Каменка, комплекс А      | 39290±350            | 42817 – 43974               | кость   | ОхА-12,116         | Zwyns, Lbova, 2019                |
| Каменка, комплекс А      | 41350±450            | 44151 – 45604               | кость   | ОхА-12,117         | Zwyns, Lbova, 2019                |
| Каменка, комплекс А      | 37350±310/490        | 42284 – 41328               | кость   | GrA-5435           | Zwyns, Lbova, 2019                |

Таблица 4.3 – Пыльцевые спектры из пищевых остатков, выделенных из содержимого желудочно-кишечного тракта и складок эмали зубов *Coelodonta antiquitatis*, а также из отложений, в которых были обнаружены костные остатки *Coelodonta antiquitatis*

|                                                                   | Колымский<br>носорог,<br>Якутия<br>(Boeskorov et<br>al., 2011) | Чурапчин-<br>ский носорог,<br>Якутия<br>(Лазарев,<br>1977) | Носорог,<br>найденный на р.<br>Халбуй, Якутия<br>(Гарутт и др.,<br>1970) | Носорог из г.<br>Старунь (Западная<br>Украина (Гарутт и<br>др., 1970) | Западное<br>Забайкалье<br>(Савинова,<br>1999) | Западное<br>Забайкалье<br>(Ташак, 2017) |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Picea</i> sp. (Ель)                                            | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     |                                               | +                                       |
| <i>Pinus</i> sp. (Сосна)                                          | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| <i>Betula</i> sp. (Береза)                                        | -                                                              | -                                                          | +                                                                        | +                                                                     | +                                             | +                                       |
| <i>Alnus</i> sp. (Ольха)                                          | +                                                              | -                                                          | +                                                                        | -                                                                     | +                                             | -                                       |
| <i>Salix</i> sp. (Ива)                                            | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | +                                                                     | +                                             | +                                       |
| <i>Ulmus</i> sp. (Вяз)                                            | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | -                                       |
| <i>Corylus</i> sp. (Лещина)                                       | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | -                                       |
| <i>Larix</i> sp. (Лиственница)                                    | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | +                                       |
| <i>Ephedra</i> sp. (Хвойник/Эфедра)                               | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | +                                       |
| Papaveraceae gen. sp., (Маковые)                                  | +                                                              | +                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | -                                       |
| Ranunculaceae gen. sp., (Лютиковые)                               | +                                                              | +                                                          | +                                                                        | +                                                                     | +                                             | +                                       |
| Chenopodiaceae gen. sp. (Маревые или<br>Лебедовые)                | +                                                              | +                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| Caryophyllaceae gen. sp. (Гвоздичные)                             | +                                                              | +                                                          | +                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| Polygonaceae gen. sp., (Гречишные)                                | +                                                              | +                                                          | -                                                                        | +                                                                     | -                                             | +                                       |
| Cruciferae gen. sp., (Капустные, крестоцветные)                   |                                                                | +                                                          | -                                                                        | --                                                                    | +                                             | +                                       |
| Rosaceae gen. sp., (Розоцветные)                                  | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | +                                                                     | -                                             | +                                       |
| Leguminosae gen. sp., (Бобовые)                                   | +                                                              | +                                                          | -                                                                        | +                                                                     | -                                             | +                                       |
| Polemoniaceae gen. sp., (сем-во Синюховые)                        | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | +                                       |
| Ericaceae gen. sp., (Вересковые)                                  | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | +                                                                     | +                                             | -                                       |
| Umbelliferae gen. sp., (Зонтичные)                                | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| Plantaginaceae gen. sp., (Подорожниковые)                         | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | -                                       |
| Cichoriaceae gen. sp., (подсем-во Цикориевые,<br>сем-во Астровые) | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | +                                       |
| Valerianaceae gen. sp., (Валериановые)                            | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | -                                       |
| Labiatae gen. sp., (Губоцветные)                                  | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | +                                                                     | +                                             | -                                       |
| Geraniaceae gen. sp., (Гераниевые)                                | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | -                                       |
| Plumbaginaceae gen. sp., (Свинчатковые)                           | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | +                                                                     | -                                             | -                                       |
| <i>Artemisia</i> (Полыни)                                         | +                                                              | +                                                          | +                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |

## Продолжение таблицы 4.3

|                                                           | Колымский<br>носорог,<br>Якутия<br>(Boeskorov et<br>al., 2011) | Чурапчинс-<br>кий носорог,<br>Якутия<br>(Лазарев,<br>1977) | Носорог,<br>найденный на р.<br>Халбуй, Якутия<br>(Гарутт и др.,<br>1970) | Носорог из г.<br>Старунь (Западная<br>Украина (Гарутт и<br>др., 1970) | Западное<br>Забайкалье<br>(Савинова,<br>1999) | Западное<br>Забайкалье<br>(Ташак, 2017) |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Asteraceae gen. sp., (Астровые или<br>сложноцветные)      | +                                                              | +                                                          | +                                                                        | +                                                                     | +                                             | +                                       |
| Campanulaceae gen. sp.(сем-во<br>Колокольчиковые)         | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | +                                       |
| Cyperaceae gen. sp., (Осоковые)                           | +                                                              | +                                                          | -                                                                        | +                                                                     | +                                             | -                                       |
| Poaceae gen. sp.                                          | +                                                              | -                                                          | +                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| Hepaticae gen. sp., (Печёночные мхи)                      | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | +                                       |
| Sphagnum sp. (Сфагновые мхи)                              | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| <i>Lycopodium pungens</i> La Pyl. (Плауны)                | +                                                              | +                                                          | +                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| <i>Selaginella sibirica</i> (Milde) Hieron. (Селагинелла) | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | +                                       |
| <i>Equisetum</i> sp. (Хвощ)                               | +                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | -                                       |
| Polypodiaceae gen. sp. (Многочлещевые,<br>папоротники)    | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| Botrychium (Гроздовник, папоротник)                       | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| Bryales gen. sp. (Бриевые, мхи)                           | -                                                              | +                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | +                                       |
| Orphioglossaceae gen. sp. (Ужовниковые,<br>папоротники)   | -                                                              | -                                                          | -                                                                        | -                                                                     | +                                             | -                                       |
| Athyriaceae gen. sp., (Кочедыжниковые,<br>папоротники)    | -                                                              | +                                                          | -                                                                        | -                                                                     | -                                             | -                                       |



Таблица 4.4 – Размеры черепов (мм) *Coelodonta antiquitatis* из Западного Забайкалья

|    |                                                                                                    | Музей БНЦ СО РАН,<br>Республика Бурятия<br>Археологический комплекс «Хотык» |        |     |         | ГАУК РБ "Национальный<br>музей Республики Бурятия»<br>Республика Бурятия |               |        | ГАУК РБ «Кяхтинский<br>краеведческий музей имени<br>академика В. А. Обручева» |                |         | Геологический<br>музей ПГО<br>"Бурятгеология" | Мухорши-<br>бирский<br>район |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|-----|---------|--------------------------------------------------------------------------|---------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|-----------------------------------------------|------------------------------|
|    | <i>Промер (мм)</i>                                                                                 | Б-1(1)                                                                      | Б-1(2) | Г4  | Д2 №502 | n                                                                        | lim           | М      | n                                                                             | lim            | М       | ГМ-05-24                                      | Т-15-24                      |
| 1  | Общая длина                                                                                        | –                                                                           | –      | –   | –       | 5                                                                        | 755-860       | 820    | 10                                                                            | 740-900        | 835     | –                                             | 840                          |
| 2  | Кондило-базальная<br>длина                                                                         | –                                                                           | –      | –   | –       | 5                                                                        | 710-800       | 748    | 10                                                                            | 690-840        | 775     | –                                             | 760                          |
| 3  | Длина зубного ряда                                                                                 | –                                                                           | –      | –   | –       | 5                                                                        | 215-235       | 222    | 6                                                                             | 230-290        | 265,8   | –                                             | 220                          |
| 4  | Длина ряда М/ряда Р                                                                                | –                                                                           | –      | –   | –       | 5                                                                        | 135-145/70-90 | 140/80 | 5                                                                             | 150-190/80-100 | 169/ 91 | –                                             | 159/66                       |
| 5  | Ширина роострума                                                                                   | –                                                                           | –      | –   | –       | 5                                                                        | 92-110        | 101,4  | 10                                                                            | 75-130         | 106,4   | –                                             | 85                           |
| 6  | Ширина в передней<br>части орбит                                                                   | –                                                                           | –      | –   | 210     | 4                                                                        | 245-315       | 276,2  | 10                                                                            | 240-290        | 261,5   | –                                             | 270                          |
| 7  | Ширина в височном<br>сужении                                                                       | 63                                                                          | 66     | 71  | 60      | 5                                                                        | 60-85         | 70,2   | 10                                                                            | 38-112         | 72      | 65                                            | 80                           |
| 8  | Ширина в области<br>наибольшего<br>выступания скуловых<br>дуг (8)                                  | 330                                                                         | 310    | 337 | ~310    | 5                                                                        | 310-385       | 353    | 9                                                                             | 300-410        | 352,7   | 350                                           | 330                          |
| 9  | Ширина в сочленовных<br>ямках взятая по<br>внешним краям                                           | –                                                                           | –      | –   | –       | 5                                                                        | 305-375       | 340    | 9                                                                             | 315-370        | 339,8   | 335                                           | 315                          |
| 10 | Ширина затылка в<br>области затылочного<br>гребня (10)                                             | 176                                                                         | ~190   | 190 | 186     | 5                                                                        | 170-215       | 199    | 8                                                                             | 170-230        | 207,5   | 150                                           | 200                          |
| 11 | Ширина в наиболее<br>выступающих точках<br>сосцевидных отростков<br>(processus mastoideus)<br>(11) | 240                                                                         | 273    | 264 | 268     | 5                                                                        | 270-350       | 293    | 9                                                                             | 265-330        | 291,1   | 290                                           | 280                          |
| 12 | Расстояние между<br>внешними краями<br>затылочных мыщелков<br>(12)                                 | 168                                                                         | 169    | 150 | 172     | 5                                                                        | 160-175       | 169    | 9                                                                             | 135-190        | 164,3   | 170                                           | 190                          |

Продолжение таблицы 4.4

|    |                                                                                      | Музей БНЦ СО РАН,<br>Республика Бурятия<br>Археологический комплекс «Хотык» |        |     |         | ГАУК РБ "Национальный<br>музей Республики Бурятия»<br>Республика Бурятия |          |       | ГАУК РБ «Кяхтинский<br>краеведческий музей имени<br>академика В. А. Обручева» |          |       | Геологический<br>музей ПГО<br>"Бурятгеология" | Мухорши-<br>бирский<br>район |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|-----|---------|--------------------------------------------------------------------------|----------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|-----------------------------------------------|------------------------------|
|    | <i>Промер (мм)</i>                                                                   | Б-1(1)                                                                      | Б-1(2) | Г4  | Д2 №502 | n                                                                        | lim      | M     | n                                                                             | lim      | M     | ГМ-05-24                                      | Т-15-24                      |
| 13 | Ширина черепа в области МЗ, по буккальным стенкам МЗ                                 | —                                                                           | —      | —   | —       |                                                                          | 200; 190 | —     | 2                                                                             | 220; 200 | —     | —                                             | 205                          |
| 14 | Ширина хоан (наибольшая)                                                             | —                                                                           | —      | —   | —       | 4                                                                        | 65-85    | 75    | 7                                                                             | 70-105   | 82,1  | —                                             | 70                           |
| 15 | Ширина носовой перегородки в области хоан                                            | —                                                                           | —      | —   | —       | 3                                                                        | 45-55    | 48,3  | 5                                                                             | 20-35    | 26    | —                                             | 50                           |
| 16 | Высота от вершины основания назального рога до небной кости                          | —                                                                           | —      | —   | —       | 4                                                                        | 200-215  | 207,5 | 10                                                                            | 160-215  | 189,8 | —                                             | 190                          |
| 17 | Высота в области заднего края МЗ до наиболее высокой точки выступления лобных костей | —                                                                           | —      | —   | —       | 4                                                                        | 230-245  | 236,2 | 8                                                                             | 200-240  | 216,2 | —                                             | 210                          |
| 18 | Высота затылка от верхнего края затылочного отверстия до затылочного гребня          | —                                                                           | —      | —   | —       | 5                                                                        | 165-205  | 183,6 | 10                                                                            | 150-220  | 183,5 | 170                                           | 190                          |
| 19 | Высота затылка от нижнего края мыщелков до затылочного гребня                        | —                                                                           | —      | —   | —       | 5                                                                        | 225-255  | 244,4 | 9                                                                             | 230-290  | 253,9 | 255                                           | 260                          |
| 20 | Высота затылка-от точки basion, до наиболее выступающей точки crista occipitalis     | 215                                                                         | 235    | 235 | 235     | 5                                                                        | 214-247  | 234,2 | 9                                                                             | 220-280  | 245,5 | 250                                           | 250                          |
| 22 | Длина носовой вырезки                                                                | —                                                                           | —      | —   | —       | 5                                                                        | 200-230  | 212,8 | 10                                                                            | 190-220  | 208   | —                                             | 212                          |

Продолжение таблицы 4.4

|    |                                                                                          | Музей БНЦ СО РАН,<br>Республика Бурятия<br>Археологический комплекс «Хотык» |        |    |         | ГАУК РБ "Национальный<br>музей Республики Бурятия»<br>Республика Бурятия |         |       | ГАУК РБ «Кяхтинский<br>краеведческий музей имени<br>академика В. А. Обручева» |         |       | Геологический<br>музей ПГО<br>"Бурятгеология" | Мухорши-<br>бирский<br>район |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|----|---------|--------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-----------------------------------------------|------------------------------|
|    | <i>Промер (мм)</i>                                                                       | Б-1(1)                                                                      | Б-1(2) | Г4 | Д2 №502 | n                                                                        | lim     | М     | n                                                                             | lim     | М     | ГМ-05-24                                      | Т-15-24                      |
| 22 | Ширина носовой<br>вырезки                                                                | —                                                                           | —      | —  | —       | 5                                                                        | 70-90   | 80    | 10                                                                            | 85-100  | 91    | —                                             | 64                           |
| 23 | Длина носовой<br>подроговой мозоли                                                       | —                                                                           | —      | —  | —       | 5                                                                        | 225-280 | 260   | 10                                                                            | 215-300 | 267,5 | —                                             | 255                          |
| 24 | Ширина носовой<br>подроговой мозоли                                                      | —                                                                           | —      | —  | —       | 5                                                                        | 170-195 | 185   | 10                                                                            | 140-210 | 176,5 | —                                             | 210                          |
| 25 | Длина лобной<br>подроговой мозоли                                                        | —                                                                           | —      | —  | —       | 5                                                                        | 130-260 | 171   | 10                                                                            | 110-270 | 177,5 | —                                             | 170                          |
| 26 | Ширина лобной<br>подроговой мозоли                                                       | —                                                                           | —      | —  | —       | 5                                                                        | 110-210 | 169   | 10                                                                            | 140-250 | 191   | —                                             | 170                          |
| 27 | Длина теменной<br>области черепа: от<br>затылочного гребня до<br>точки (so) supraorbital | —                                                                           | 340    | —  | 330     | 5                                                                        | 310-350 | 330,4 | 9                                                                             | 330-420 | 377,8 | 290                                           | 330                          |
| 28 | Наибольшая высота<br>затылочного мыщелка                                                 | 72                                                                          | 75     | 71 | 72      | 5                                                                        | 77-104  | 87,6  | 9                                                                             | 55-88   | 77,4  | 88                                            | 85                           |
| 29 | Наибольшая ширина<br>затылочного мыщелка                                                 | 45                                                                          | 42     | 46 | 48      | 5                                                                        | 42-56   | 47,6  | 9                                                                             | 45-57   | 45,9  | 51                                            | 55                           |
| 30 | Ширина затылочного<br>отверстия                                                          | 59                                                                          | 58     | 53 | 59      | 5                                                                        | 55-65   | 58,4  | 9                                                                             | 45-70   | 60,7  | 60                                            | 60                           |
| 31 | Высота затылочного<br>отверстия                                                          | 61                                                                          | 54     | 63 | 62      | 5                                                                        | 50-73   | 58,8  | 9                                                                             | 54-75   | 64,2  | 70                                            | 60                           |
| 32 | Ширина неба изнутри<br>между МЗ                                                          | —                                                                           | —      | —  | —       | 4                                                                        | 90-110  | 98,7  | 6                                                                             | 85-100  | 94,5  |                                               | 110                          |

Продолжение таблицы 4.4

|    |                                                                                                                            | Музей БНЦ СО РАН,<br>Республика Бурятия<br>Археологический комплекс «Хотык» |        |      |         | ГАУК РБ "Национальный<br>музей Республики Бурятия»<br>Республика Бурятия |         |       | ГАУК РБ «Кяхтинский<br>краеведческий музей имени<br>академика В. А. Обручева» |           |        | Геологический<br>музей ПГО<br>"Бурятгеология" | Мухорши-<br>бирский<br>район |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|------|---------|--------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|-----------------------------------------------|------------------------------|
|    | <i>Промер (мм)</i>                                                                                                         | Б-1(1)                                                                      | Б-1(2) | Г4   | Д2 №502 | n                                                                        | lim     | М     | n                                                                             | lim       | М      | ГМ-05-24                                      | Т-15-24                      |
| 33 | Ширина неба изнутри<br>между Р2                                                                                            | —                                                                           | —      | —    | —       | 4                                                                        | 55-90   | 73,7  | 7                                                                             | 65-80     | 74     |                                               | 90                           |
| 34 | А - угол наклона<br>черепа, образованный<br>между горизонтальной<br>плоскостью основания<br>черепа и плоскостью<br>затылка | 97°                                                                         | 104°   | 103° | 100°    | 5                                                                        | 97-120  | 110,4 | 10                                                                            | 106°-120° | 110,8° | 110°                                          | 105°                         |
| 35 | В - угол наклона<br>теменной плоскости к<br>плоскости<br>образованной лобными<br>костями                                   | 161 °                                                                       | 160°   | 169° | 160°    | 5                                                                        | 150-162 | 159,8 | 10                                                                            | 160°-170° | 166,5° | 170°                                          | 160°                         |

Таблица 4.5 – Средние размеры черепов (мм) *Coelodonta antiquitatis* из разных местонахождений Евразии

[illegible]

## Продолжение таблицы 4.5

|    |                                                                                     | Западное Забайкалье |         |       | Приангарье<br>(Ермолова, 1978) |     |   | Юго- восток<br>Западной<br>Сибири<br>(Алексеева,<br>1980) | Средний Урал<br>(Кузьмина,<br>Кузьмина,1995) |         |       | Польша<br>(Borsuk Bialynicka,1973) |         |     | Юго-запад Европы<br>(Пиренейский<br>полуостров)<br>(Alvarez-Lao,<br>Garcia,2011) |         |   | Евразия, С.<br>antiquitatis поздний<br>плейстоцен (Kahlke,<br>Lacombat, 2008) |         |     | Евразия |     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------|-------|--------------------------------|-----|---|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|-------|------------------------------------|---------|-----|----------------------------------------------------------------------------------|---------|---|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|---------|-----|
|    | <i>Промер (мм)</i>                                                                  | n                   | lim     | M     | n                              | lim | M | n=33                                                      | n                                            | lim     | M±m   | n                                  | lim     | M   | n                                                                                | lim     | M | n                                                                             | lim     | M   | lim     | M   |
| 10 | Ширина затылка в области затылочного гребня                                         | 15                  | 150-230 | 200.3 | –                              | –   | – | 203-227                                                   | 8                                            | 195-238 | 217±5 | –                                  | –       | –   | 2                                                                                | 50; 215 | – | 20                                                                            | 164-237 | 193 | 203-250 | 211 |
| 11 | Ширина в наиболее выступающих точках сосцевидных отростков (processus mastoideus)   | 16                  | 265-350 | 290.9 | –                              | –   | – | 273-307                                                   | 8                                            | 260-320 | 291±7 | –                                  | –       | –   | 2                                                                                | 00; 280 | – | –                                                                             | –       | –   | 260-320 | 290 |
| 12 | Расстояние между внешними краями затылочных мышечков                                | 16                  | 135-190 | 167.7 | –                              | –   | – | 156-180                                                   | –                                            | –       | –     | –                                  | –       | –   | 2                                                                                | 60; 153 | – | 34                                                                            | 141-171 | 157 | 141-180 | 159 |
| 13 | Ширина черепа в области МЗ (по буккальным стенкам)                                  | 5                   | 190-205 | 203   | –                              | –   | – | 180-210                                                   | –                                            | –       | –     | –                                  | –       | –   | –                                                                                | –       | – | –                                                                             | –       | –   | 180-210 | –   |
| 14 | Ширина хоан (наибольшая)                                                            | 12                  | 65-105  | 78.7  | –                              | –   | – | 71-77                                                     | 8                                            | 68-86   | 76±3  | –                                  | –       | –   | –                                                                                | –       | – | –                                                                             | –       | –   | 68-86   | 75  |
| 15 | Ширина носовой перегородки в области хоан                                           | 9                   | 20-55   | 36.1  | –                              | –   | – | 65-69                                                     | –                                            | –       | –     | –                                  | –       | –   | –                                                                                | –       | – | –                                                                             | –       | –   | 65-69   | –   |
| 16 | Высота от вершины основания назального рога до небной кости                         | 15                  | 160-215 | 194.5 | –                              | –   | – | 178-190                                                   | 7                                            | 180-210 | 194±4 | 15                                 | 155-190 | 170 | 2                                                                                | 80; 184 | – | –                                                                             | –       | –   | 155-210 | 182 |
| 17 | Высота в области заднего края МЗ до наиболее высокой точки выступания лобных костей | 13                  | 200-245 | 221.9 | –                              | –   | – | 156-162                                                   | –                                            | –       | –     | –                                  | –       | –   | 2                                                                                | 10; 203 | – | –                                                                             | –       | –   | 156-210 | 183 |

Продолжение таблицы 4.5

|    |                                                                                           | Западное Забайкалье |         |       | Приангарье<br>(Ермолова, 1978) |             |       | Юго- восток<br>Западной<br>Сибири<br>(Алексеева,<br>1980) | Средний Урал<br>(Кузьмина,<br>Кузьмина,1995) |     |     | Польша<br>(Borsuk<br>Bialynicka,1973) |     |   | Юго-запад<br>Европы<br>(Пиренейский<br>полуостров)<br>(Alvarez-Lao,<br>Garcia,2011) |             |   | Евразия, С.<br>antiquitatis поздний<br>плейстоцен (Kahlke,<br>Lacombat, 2008) |     |   | Евразия |                     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------|-------|--------------------------------|-------------|-------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----|-----|---------------------------------------|-----|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---|-------------------------------------------------------------------------------|-----|---|---------|---------------------|
|    | <i>Промер (мм)</i>                                                                        | n                   | lim     | M     | n                              | lim         | M     | n=33                                                      | n                                            | lim | M±m | n                                     | lim | M | n                                                                                   | lim         | M | n                                                                             | lim | M | lim     | M                   |
| 18 | Высота затылка от<br>верхнего края<br>затылочного отверстия<br>до затылочного гребня      | 17                  | 150-220 | 183.1 | —                              | —           | —     | 163-190                                                   | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | 2                                                                                   | 153;<br>150 | — | —                                                                             | —   | — | 150-190 | 16<br>4             |
| 19 | Высота затылка от<br>нижнего края мыщелков<br>до затылочного гребня                       | 16                  | 230-290 | 251.3 | —                              | —           | —     | 234-278                                                   | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                                   | —           | — | —                                                                             | —   | — | 234-278 | —                   |
| 20 | Высота затылка-от<br>точки basion, до<br>наиболее выступающей<br>точки crista occipitalis | 16                  | 214-280 | 242.5 | 21                             | 215-<br>270 | 241.3 | 274-300                                                   | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                                   | —           | — | —                                                                             | —   | — | 215-300 | 26<br>5             |
| 21 | Длина носовой вырезки                                                                     | 16                  | 190-230 | 209.7 | —                              | —           | —     | 181-210                                                   | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | 2                                                                                   | 230;<br>205 | — | —                                                                             | —   | — | 181-230 | 26<br>5             |
| 22 | Ширина носовой<br>вырезки                                                                 | 16                  | 64-100  | 85.8  | —                              | —           | —     | 70-90                                                     | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                                   | —           | — | —                                                                             | —   | — | 70-90   | —                   |
| 23 | Длина носовой<br>подроговой мозоли                                                        | 16                  | 215-300 | 264.3 | —                              | —           | —     | 222-270                                                   | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                                   | —           | — | —                                                                             | —   | — | 222-270 | 22<br>2-<br>27<br>0 |
| 24 | Ширина носовой<br>подроговой мозоли                                                       | 16                  | 140-210 | 181.2 | —                              | —           | —     | 164-170                                                   | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                                   | —           | — | —                                                                             | —   | — | 164-170 | —                   |
| 25 | Длина лобной<br>подроговой мозоли                                                         | 16                  | 110-270 | 175   | —                              | —           | —     | 179-220                                                   | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                                   | —           | — | —                                                                             | —   | — | 179-220 | —                   |
| 26 | Ширина лобной<br>подроговой мозоли                                                        | 16                  | 110-250 | 182.8 | —                              | —           | —     | 183-210                                                   | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                                   | —           | — | —                                                                             | —   | — | 183-210 | —                   |
| 27 | Длина теменной<br>области черепа: от<br>затылочного гребня до<br>точки (so) supraorbitale | 16                  | 290-420 | 354.5 | —                              | —           | —     | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | 2                                                                                   | 320;<br>320 | — | —                                                                             | —   | — | 320     | —                   |

## Продолжение таблицы 4.5

|    |                                                                                                                                  | Западное Забайкалье |          |        | Приангарье<br>(Ермолова, 1978) |           |      | Юго- восток<br>Западной<br>Сибири<br>(Алексеева,<br>1980) | Средний Урал<br>(Кузьмина,<br>Кузьмина,1995) |     |     | Польша<br>(Borsuk<br>Bialynicka,1973) |     |   | Юго-запад Европы<br>(Пиренейский<br>полуостров) (Alvarez-<br>Lao, Garcia,2011) |        |       | Евразия, С.<br>antiquitatis<br>поздний<br>плейстоцен<br>(Kahlke,<br>Lacombat, 2008) |              |      | Евразия      |      |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|--------|--------------------------------|-----------|------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----|-----|---------------------------------------|-----|---|--------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|--------------|------|
|    | <i>Промер (мм)</i>                                                                                                               | n                   | lim      | M      | n                              | lim       | M    | n=33                                                      | n                                            | lim | M±m | n                                     | lim | M | n                                                                              | lim    | M     | n                                                                                   | lim          | M    | lim          | M    |
| 28 | Наибольшая высота<br>затылочного<br>мыщелка                                                                                      | 16                  | 55-104   | 81.7   | 23                             | 65-<br>92 | 79.0 | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                              | —      | —     | —                                                                                   | —            | —    | 65-<br>92    | 79.0 |
| 29 | Наибольшая ширина<br>затылочного<br>мыщелка                                                                                      | 16                  | 42-57    | 50.4   | 23                             | 43-<br>66 | 51.7 | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                              | —      | —     | —                                                                                   | —            | —    | 43-<br>66    | 51.7 |
| 30 | Ширина<br>затылочного<br>отверстия                                                                                               | 16                  | 45-70    | 59.9   | —                              | —         | —    | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | 2                                                                              | 44; 42 | —     | 38                                                                                  | 52-<br>71    | 60   | 42-<br>71    | 51   |
| 31 | Высота затылочного<br>отверстия                                                                                                  | 16                  | 50-75    | 62.6   | —                              | —         | —    | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                              | —      | —     | —                                                                                   | —            | —    | —            | —    |
| 32 | Ширина неба<br>измеренная перед<br>МЗ                                                                                            | 11                  | 85-110   | 97.4   | —                              | —         | —    | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | 1                                                                              | —      | 110.5 | 23                                                                                  | 80-<br>116   | 97   | 80-<br>116   | 102  |
| 33 | Ширина неба<br>измеренная перед Р2                                                                                               | 12                  | 55-90    | 75.2   | —                              | —         | —    | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | —                                                                              | —      | —     | 25                                                                                  | 52-<br>83    | 64   | 52-<br>83    | 64   |
| 34 | А - угол наклона<br>черепы,<br>образованный<br>между<br>горизонтальной<br>плоскостью<br>основания черепа и<br>плоскостью затылка | 17                  | 97-120°  | 110.2° | —                              | —         | —    | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | 1                                                                              | —      | 105°  | 38                                                                                  | 100-<br>126° | 114° | 100-<br>126° | 114° |
| 35 | В - угол наклона<br>теменной плоскости<br>к плоскости<br>образованной<br>лобными костями                                         | 17                  | 150-170° | 164.3° | —                              | —         | —    | —                                                         | —                                            | —   | —   | —                                     | —   | — | 1                                                                              | —      | 161°  | —                                                                                   | —            | —    | 161°         |      |



Таблица 4.6 – Размеры III пястной (метакарпальной) кости (мм) *Coelodonta antiquitatis* (мм) из различных местонахождений Евразии

|                                                  | Музей БНЦ СО РАН         |          |          |          |               | ГАУК РБ<br>«Кяхтинский<br>краеведческий<br>музей имени<br>академика В. А.<br>Обручева» |                       | Западное<br>Забайкалье |       | Северное<br>Прибайкал<br>ье<br>(Калмыко<br>в, 1990) | Якутия<br>(Лазар<br>ев,<br>1998) | Юго-<br>Восток<br>Западной<br>Сибири<br>(Алексеев<br>а,1980) | Средний Урал<br>(Кузьмина, Кузьмина,<br>1995) |             |           | Евразия     |       |
|--------------------------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|-----------|-------------|-------|
|                                                  | Археологический комплекс |          |          |          |               |                                                                                        |                       |                        |       |                                                     |                                  |                                                              |                                               |             |           |             |       |
|                                                  | «Хотык»                  |          |          |          | «Каме<br>нка» |                                                                                        |                       |                        |       |                                                     |                                  |                                                              |                                               |             |           |             |       |
| Промеры (мм)                                     | №<br>570                 | №<br>569 | №<br>568 | №<br>571 | № 127         | №<br>3183                                                                              | №<br>3191/2<br>434-21 | lim                    | М     | №<br>980/156-Б                                      |                                  | n=8                                                          | n                                             | lim         | М±m       | lim         | М     |
| Полная длина                                     | 215                      | 195      | ~175     | –        | 192           | 195                                                                                    | 200                   | 192-<br>215            | 199.4 | 186                                                 | 180                              | 183-193                                                      | 3                                             | 163-<br>182 | 170.7±5.8 | 163-<br>193 | 178.1 |
| Ширина проксимального эпифиза                    | 76                       | 65       | ~58      | –        | 70            | 70                                                                                     | 66                    | 65-76                  | 69.4  | 67                                                  | 72                               | 60-70                                                        | 4                                             | 60-71       | 65.7±2.4  | 60-72       | 66.5  |
| Поперечник проксимального эпифиза                | 59                       | 54       | 51       | –        | 52            | 53                                                                                     | 52                    | 51-59                  | 53.5  | 49                                                  | 54                               | 51-55                                                        | –                                             | –           | –         | 49-55       | 52    |
| Ширина дистального эпифиза в суставе             | 62                       | 53       | 59       | 50       | 53            | 57                                                                                     | 52                    | 50-62                  | 55.1  | 53                                                  | 52                               |                                                              | 3                                             | 46-55       | 49.3±2.8  | 46-55       | 51.5  |
| Ширина дистального эпифиза в надсуставных буграх | 70                       | 64       | 65       | 59       | 62            | 66                                                                                     | 59                    | 59-70                  | 63.6  | 63                                                  | 62                               | 60-65                                                        | –                                             | –           | –         | 60-65       | 62.5  |
| Поперечник дистального эпифиза                   | 58                       | 48       | 49       | 48       | 51            | 47                                                                                     | 50                    | 47-58                  | 50.1  | 49                                                  | 47                               | 51-58                                                        | –                                             | –           | –         | 47-58       | 51.2  |
| Ширина диафиза                                   | 58                       | 57       | 60       | –        | 51            | 56                                                                                     | 51                    | 51-60                  | 55.5  | –                                                   | 50                               | 51-55                                                        | 4                                             | 42-52       | 48.3±2.4  | 42-55       | 50    |
| Поперечник диафиза                               | 36                       | 30       | 30       | –        | 27            | 27                                                                                     | 29                    | 27-36                  | 30    | 28                                                  | 29                               | 26-27                                                        | –                                             | –           | –         | 26-29       | 27.5  |

Таблица 4.7 – Размеры IV пястной и III плюсневой костей (мм) *Coelodonta antiquitatis* из различных местонахождений Евразии

|                                                        | IV пястная кость                                                |                                                                                        |                              |                                            |         |           | III плюсневая (метатарсальная) кость                               |                                            |        |     |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|---------|-----------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|-----|
|                                                        | Западное Забайкалье                                             |                                                                                        | Якутия<br>(Лазарев,<br>1998) | Средний Урал (Кузьмина,<br>Кузьмина, 1995) |         |           | Музей БНЦ<br>СО РАН<br>Археологи-<br>ческий<br>комплекс<br>«Хотык» | Средний Урал (Кузьмина,<br>Кузьмина, 1995) |        |     |
|                                                        | Музей БНЦ СО<br>РАН<br>Археологичес-<br>кий комплекс<br>«Хотык» | ГАУК РБ<br>«Кяхтинский<br>краеведческий<br>музей имени<br>академика В. А.<br>Обручева» |                              |                                            |         |           |                                                                    |                                            |        |     |
|                                                        | № 128                                                           | № 3191в / 2434-<br>16                                                                  |                              | n                                          | lim     | M±m       | № 572                                                              | n                                          | lim    | M±m |
| <i>Промеры (мм)</i>                                    |                                                                 |                                                                                        |                              |                                            |         |           |                                                                    |                                            |        |     |
| Полная длина                                           | 153                                                             | 160                                                                                    | 144                          | 4                                          | 132-144 | 136,5±4,3 | 160                                                                | 1                                          | –      | 139 |
| Ширина проксимального<br>эпифиза                       | 56                                                              | 51                                                                                     | 56                           | 4                                          | 50-57   | 52,0±1,7  | 52 +облом                                                          | 2                                          | 52; 54 | –   |
| Поперечник<br>проксимального эпифиза                   | 43                                                              | 45                                                                                     | 50                           | –                                          | –       | –         | 37+облом                                                           | –                                          | –      | –   |
| Ширина дистального<br>эпифиза в суставе                | 42                                                              | 41                                                                                     | 38                           | 3                                          | 38-40   | 39,0±0,6  | 49                                                                 | 1                                          | –      | 45  |
| Ширина дистального<br>эпифиза в надсуставных<br>буграх | 47                                                              | 43                                                                                     | 47                           | –                                          | –       | –         | 53                                                                 | –                                          | –      | –   |
| Поперечник дистального<br>эпифиза                      | 41                                                              | 39                                                                                     | 39                           | –                                          | –       | –         | 44                                                                 | –                                          | –      | –   |
| Ширина диафиза                                         | 37                                                              | 35                                                                                     | 33                           | 4                                          | 33-36   | 34,7±0,6  | 49                                                                 | 1                                          | –      | 42  |
| Поперечник диафиза                                     | 22                                                              | 25                                                                                     | 23                           | –                                          | –       | –         | 26                                                                 | –                                          | –      | –   |

Таблица 4.8 – Размеры II пястной кости (мм) *Coelodonta antiquitatis* из различных местонахождений Евразии

|                                                     | Музей БНЦ СО<br>РАН Республика<br>Бурятия<br>Археологический<br>комплекс «Хотык» | ГАУК РБ<br>«Кяхтинский<br>краеведческий<br>музей имени<br>академика В. А.<br>Обручева» | Мухоршибирский<br>район |         | Западное<br>Забайкалье |       | Средний Урал (Кузьмина,<br>Кузьмина, 1995) |          |     | Якутия<br>(Лазарев,<br>1998) | Евразия |       |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|------------------------|-------|--------------------------------------------|----------|-----|------------------------------|---------|-------|
|                                                     |                                                                                  |                                                                                        |                         |         |                        |       |                                            |          |     |                              |         |       |
|                                                     | № 573                                                                            | №31916/2434-17                                                                         | T-10-24                 | T-11-24 | lim                    | M     | n                                          | lim      | M±m |                              | lim     | M     |
| <i>Промеры (мм)</i>                                 |                                                                                  |                                                                                        |                         |         |                        |       |                                            |          |     |                              |         |       |
| Полная длина                                        | 158                                                                              | 178                                                                                    | 180                     | 170     | 158-180                | 171.5 | 2                                          | 142; 145 | –   | 158                          | 142-158 | 148.3 |
| Ширина проксимального<br>эпифиза                    | 49                                                                               | 52                                                                                     | 54                      | 54      | 49-54                  | 52.3  | 1                                          | –        | 51  | 54                           | –       | 51;54 |
| Поперечник проксимального<br>эпифиза                | 46                                                                               | 44                                                                                     | 45                      | 49      | 44-49                  | 46    | –                                          | –        | –   | 46                           | –       | 46    |
| Ширина дистального эпифиза в<br>суставе             | 35                                                                               | 40                                                                                     | 43                      | 41      | 35-43                  | 40    | –                                          | –        | –   | 39                           | –       | 39    |
| Ширина дистального эпифиза в<br>надсуставных буграх | 40                                                                               | 47                                                                                     | 50                      | 48      | 40-50                  | 46.2  | 2                                          | 38; 42   | –   | 50                           | 38-50   | 43.3  |
| Поперечник дистального<br>эпифиза                   | 43                                                                               | 45                                                                                     | 47                      | 47      | 43-47                  | 45.5  | –                                          | –        | –   | 41                           | –       | 41    |
| Ширина диафиза                                      | 38                                                                               | 39                                                                                     | 44                      | 41      | 38-44                  | 40.5  | 2                                          | 39; 40   | –   | 41                           | 39-41   | 40    |
| Поперечник диафиза                                  | 28                                                                               | 27                                                                                     | 27                      | 27      | 27-28                  | 27.2  | –                                          | –        | –   | 25                           | –       | 25    |

Таблица 4.9 – Размеры локтевой кости (мм) *Coelodonta antiquitatis* из различных местонахождений Евразии

|                                                                                            | Музей БНЦ СО РАН<br>Республика Бурятия<br>Археологический<br>комплекс «Хотык» |       | ГАУК РБ<br>«Кяхтинский<br>краеведческий музей<br>имени академика В.<br>А. Обручева» |          |       | ГАУК РБ<br>"Национа<br>льный<br>музей» | Мухор<br>шибирс<br>кий<br>район | Западное<br>Забайкалье |       | Северное<br>Прибайкалье<br>(Калмыков, 1990) |               | Якутия (Лазарев,<br>1998) |         |     | Приангарье<br>(Ермолова,<br>1978) |             |      | Евразия     |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------|---------------------------------------------|---------------|---------------------------|---------|-----|-----------------------------------|-------------|------|-------------|------|
|                                                                                            | Хотык 06,<br>Р2, слой 3;<br>А-Б8                                              | № 578 | n                                                                                   | lim      | М     | б/н                                    | Т-12-24                         | lim                    | М     | 979/<br>123-Б                               | 980-<br>169-К | n                         | lim     | М   | n                                 | lim         | М    | lim         | М    |
| <i>Промеры, (мм)</i>                                                                       |                                                                               |       |                                                                                     |          |       |                                        |                                 |                        |       |                                             |               |                           |         |     |                                   |             |      |             |      |
| Наибольшая длина<br>кости                                                                  | 520                                                                           | –     | 3                                                                                   | 522-550  | 532,3 | 530                                    | 520                             | 520-<br>550            | 528   | 487                                         | 490           | 3                         | 452-472 | 465 | 1                                 | –           | 500  | 452-<br>490 | 478  |
| Поперечник<br>локтевого бугра                                                              | 111                                                                           | –     | 2                                                                                   | 123; 126 | –     | 100                                    | 105                             | 100-<br>126            | 113   | –                                           | –             | 3                         | 103-115 | 109 |                                   |             |      |             |      |
| Ширина локтевого<br>бугра                                                                  | 79                                                                            | –     | 1                                                                                   | –        | 74    | 82                                     | ~70                             | 74-82                  | 78.3  | 88                                          | 74            | 2                         | 84; 76  | –   | –                                 | –           | –    | 74-88       | 80.5 |
| Длина локтевого<br>отростка от<br>вершины<br>крючковидного отр-<br>а полулунной<br>вырезки | 165                                                                           | –     | 3                                                                                   | 165-175  | 169   | 173                                    | 155                             | 155-<br>175            | 167   | 153                                         | 148           | 3                         | 151-171 | 162 | –                                 | –           | –    | 148-<br>171 | 158  |
| Ширина полулунной<br>вырезки                                                               | 103                                                                           | 97    | 3                                                                                   | 100-103  | 101,7 | 94                                     | 105                             | 94-105                 | 100.3 | 107                                         | 102           | 3                         | 91-101  | 96  | 5                                 | 80-<br>96.5 | 91.7 | 80-107      | 96.4 |
| Высота полулунной<br>вырезки                                                               | 84                                                                            | 80    | 3                                                                                   | 80-85    | 83,3  | 80                                     | 99                              | 80-99                  | 84.5  | –                                           | –             |                           | –       | –   | –                                 | –           | –    | –           | –    |
| Ширина суставной<br>поверхности<br>дистального<br>эпифиза                                  | 47                                                                            | –     | 3                                                                                   | 45-62    | 52,3  | 54                                     | 51                              | 45-62                  | 51.8  | 48                                          | 41            | 3                         | 35-60   | 48  | –                                 | –           | –    | 35-60       | 46.6 |
| Поперечник<br>дистального<br>эпифиза                                                       | 68                                                                            | –     | 3                                                                                   | 69-84    | 75    | 65                                     | 64                              | 64-84                  | 70.8  | –                                           | –             | 2                         | 44; 43  | –   | –                                 | –           | –    | 44; 43      | –    |
| Ширина диафиза                                                                             | 55                                                                            | 41    | 3                                                                                   | 44-54    | 50    | 46                                     | 45                              | 41-55                  | 47.8  | 52                                          | 55            | 3                         | 44-55   | 49  | 5                                 | 45-61       | 51,6 | 44-61       | 51   |
| Поперечник диафиза                                                                         | 58                                                                            | 50    | 3                                                                                   | 50-69    | 57,7  | 52                                     | 56                              | 50-69                  | 56.1  | –                                           | –             | 3                         | 47-57   | 53  | –                                 | –           | –    | 47-57       | 53   |

Таблица 4.10 – Размеры бедренной кости (мм) *Coelodonta antiquitatis* из различных местонахождений Евразии

|                                                                         | ГАУК РБ<br>"Национал<br>ный<br>музей" | Мухор<br>шибир-<br>ский<br>район | ГАУК РБ<br>«Кяхтинский<br>краеведческий<br>музей имени<br>академика В. А.<br>Обручева» |             | Западное<br>Забайкалье |       | Приангарье (Ермолова,<br>1978) |          |       | Якутия<br>(Лазарев,<br>1998) | Средний Урал (Кузьмина,<br>Кузьмина, 1995) |         |       | Евразия     |       |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------|-------|--------------------------------|----------|-------|------------------------------|--------------------------------------------|---------|-------|-------------|-------|
|                                                                         | МПБ 3488                              | Т-14-24                          | 359/678+                                                                               | 411/7<br>64 | lim                    | М     | n                              | lim      | М     |                              | n                                          | lim     | М     | lim         | М     |
| <i>Примеры (мм)</i>                                                     |                                       |                                  |                                                                                        |             |                        |       |                                |          |       |                              |                                            |         |       |             |       |
| Длина от вершины головки до<br>дистального края медиального<br>мышцелка | 473                                   | 590                              | 525                                                                                    | 515         | 473-<br>590            | 526   | 2                              | 510; 560 | –     | 521                          | 3                                          | 432-510 | 479.0 | 432-<br>560 | 506   |
| Ширина проксимального<br>эпифиза                                        | 223                                   | 260                              | ~235                                                                                   | 243         | 223-<br>260            | 242   | –                              | –        | –     | 220                          | –                                          | –       | –     | –           | 200   |
| Ширина головки                                                          | 105                                   | 115                              | 103                                                                                    | 113         | 103-<br>115            | 109   | –                              | –        | –     | 105                          | –                                          | –       | –     | –           | 105   |
| Поперечник головки                                                      | 95                                    | 104                              | 97                                                                                     | 105         | 95-105                 | 100.2 | 2                              | 97; 104  | –     | 99                           | –                                          | –       | –     | 97-104      | 100   |
| Ширина через третий вертел                                              | 149                                   | 200                              | 165                                                                                    | 170         | 149-<br>200            | 171   | –                              | –        | –     | 164                          | –                                          | –       | –     | –           | 164   |
| Ширина (высота) основания<br>третьего вертела                           | 75                                    | 85                               | 87                                                                                     | 89          | 75-89                  | 84    | –                              | –        | –     | 80                           | –                                          | –       | –     | –           | 80    |
| Ширина дистального эпифиза                                              | 150                                   | 190                              | 170                                                                                    | 162         | 150-<br>190            | 168   | 4                              | 136 -165 | 149.7 | 163                          | 5                                          | 124-157 | 146.4 | 124-<br>163 | 149   |
| Поперечник дистального<br>эпифиза                                       | 178                                   | –                                | 195                                                                                    | 192         | 178-<br>195            | 188.3 |                                | –        | –     | 181                          | 4                                          | 102-187 | 150.0 | 102-<br>187 | 156.7 |
| Ширина диафиза                                                          | 80                                    | 103                              | 97                                                                                     | 100         | 80-103                 | 95    | 4                              | 80-101   | 90.7  | 96                           | 9                                          | 70-97   | 85.0  | 70-101      | 104.3 |
| Поперечник диафиза                                                      | 55                                    | 56                               | 65                                                                                     | 61          | 55-65                  | 59.2  | 4                              | 44-54    | 49.7  | 55                           | –                                          | –       | –     | 44-55       | 50.8  |

Таблица 4.11 – Размеры большеберцовой кости (мм) *Coelodonta antiquitatis* из различных местонахождений Евразии.

|                                   | ГАУК РБ<br>«Кяхтинский<br>краеведческий<br>музей имени<br>академика В. А.<br>Обручева» |             |     | ГАУК РБ<br>"Национальный<br>музей Республики<br>Бурятия |             |       | Геологич<br>еский<br>музей<br>ПГО<br>"Бурят-<br>геология" | Западное<br>Забайкалье |      | Приангарье<br>(Ермолова, 1978) |             |       | Якутия<br>(Лазарев, 1998) |             |     | Средний Урал<br>(Кузьмина,<br>Кузьмина, 1995) |             |       | Евразия     |       |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----|---------------------------------------------------------|-------------|-------|-----------------------------------------------------------|------------------------|------|--------------------------------|-------------|-------|---------------------------|-------------|-----|-----------------------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|
|                                   | n                                                                                      | lim         | M   | n                                                       | lim         | M     | II-576a                                                   | lim                    | M    | n                              | lim         | M     | n                         | lim         | M   | n                                             | lim         | M     | lim         | M     |
| <i>Промеры, (мм)</i>              |                                                                                        |             |     |                                                         |             |       |                                                           |                        |      |                                |             |       |                           |             |     |                                               |             |       |             |       |
| Полная длина                      | 2                                                                                      | 390;<br>385 | –   | 3                                                       | 385-<br>423 | 399,3 | 435                                                       | 385-<br>435            | 401  | 5                              | 360-<br>410 | 387,4 | 3                         | 383-<br>413 | 395 | 7                                             | 338-<br>379 | 362.7 | 338-<br>413 | 384   |
| Ширина проксимального эпифиза     | 1                                                                                      | –           | 135 | 2                                                       | 120;<br>156 | –     | 145                                                       | 120-<br>156            | 139  | 4                              | 130-<br>146 | 134   | 3                         | 132-<br>144 | 138 | 5                                             | 127-<br>144 | 135.0 | 127-<br>146 | 136   |
| Поперечник проксимального эпифиза | –                                                                                      | –           | –   | 1                                                       | –           | 163   | 180                                                       | 163;<br>180            | –    | 4                              | 140-<br>169 | 149   | 2                         | 145;<br>149 | –   | 6                                             | 137-<br>143 | 140.8 | 137-<br>169 | 146.2 |
| Ширина дистального эпифиза        | 2                                                                                      | 108;<br>114 | –   | 3                                                       | 110-<br>130 | 116,7 | 129                                                       | 108-<br>130            | 117  | 5                              | 104-<br>113 | 109   | 3                         | 106-<br>115 | 111 | 13                                            | 89-<br>111  | 101.6 | 89-<br>115  | 107.8 |
| Поперечник дистального эпифиза    | 2                                                                                      | 70; 86      | –   | 2                                                       | 75; 83      | –     | 90                                                        | 70-90                  | 80.8 | 6                              | 77-92       | 83.2  | 3                         | 85-92       | 87  | 12                                            | 66-<br>86   | 78.1  | 66-92       | 83    |
| Ширина диафиза                    | 2                                                                                      | 67; 68      | –   | 3                                                       | 66-82       | 71,7  | 78                                                        | 66-82                  | 71.3 | 6                              | 67-81       | 73.5  | 3                         | 69-73       | 71  | 9                                             | 60-<br>71   | 66.3  | 60-81       | 71.2  |
| Поперечник диафиза                | –                                                                                      | –           | –   | 1                                                       | –           | 70    | 69                                                        | 69;70                  | –    | 6                              | 56-68       | 61    | 3                         | 64-70       | 67  | –                                             | –           | –     | 56-70       | 63.3  |

Таблица 4.12 – Размеры плечевой кости (мм) *Coelodonta antiquitatis* из различных местонахождений Евразии

|                                             | ГАОУК РБ<br>«Кяхтинский<br>краеведческий<br>музей имени<br>академика В. А.<br>Обручева» |         |        | Геологиче<br>ский<br>музей<br>ПГО<br>"Бурят-<br>геология" | Западное<br>Забайкалье |       | Северное<br>Прибайкалье<br>(Калмыков,<br>1990) |             |     | Приангарье<br>(Ермолова, 1978) |         |      | Юго-<br>Восток<br>Западной<br>Сибири<br>(Алексеев<br>а,<br>1980) | Якутия<br>(Лазарев, 1998) |             |     | Средний Урал<br>(Кузьмина,<br>Кузьмина, 1995) |         |               | Евразия     |       |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-----------------------------------------------------------|------------------------|-------|------------------------------------------------|-------------|-----|--------------------------------|---------|------|------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|-----|-----------------------------------------------|---------|---------------|-------------|-------|
|                                             | n                                                                                       | lim     | M      | ГМ-4-24                                                   | lim                    | M     | n                                              | lim         | M   | n                              | lim     | M    | n=34                                                             | n                         | lim         | M   | n                                             | lim     | M±m           | lim         | M     |
| <i>Промеры (мм)</i>                         |                                                                                         |         |        |                                                           |                        |       |                                                |             |     |                                |         |      |                                                                  |                           |             |     |                                               |         |               |             |       |
| Общая длина                                 | 4                                                                                       | 430-480 | 446,2  | 433                                                       | 430-480                | 443.6 | 1                                              | –           | 432 | 1                              | –       | 425  | 376-398                                                          | 2                         | 440;<br>462 | –   | 7                                             | 345-400 | 379,4±<br>7,2 | 345-462     | 400.8 |
| Ширина проксимального эпифиза               | 5                                                                                       | 150-218 | 188,2  | –                                                         | 150-218                | 188,2 | 2                                              | 219;<br>220 | –   | 1                              | –       | 196  | 198-216                                                          | 2                         | 204;<br>201 | –   | –                                             | –       | –             | 196-220     | 207.7 |
| Поперечник верхнего эпифиза                 | 4                                                                                       | 155-165 | 162    | –                                                         | 155-165                | 162   | –                                              | –           | –   | –                              | –       | –    | –                                                                | 2                         | 180;<br>178 | –   | –                                             | –       | –             | 178;<br>180 | –     |
| Ширина суставной головки плечевой кости     | 5                                                                                       | 96-122  | 109,8  | –                                                         | 96-122                 | 109,8 | 2                                              | 114; 94     | –   | 3                              | 115-147 | 132  | 100-120                                                          | 1                         | –           | 109 | –                                             | –       | –             | 94-147      | 116.6 |
| Поперечник суставной головки плечевой кости | 5                                                                                       | 96-125  | 109,4  | –                                                         | 96-125                 | 109,4 | –                                              | –           | –   | –                              | –       | –    | 112                                                              | 2                         | 119; 98     | –   | –                                             | –       | –             | 98-119      | 109.7 |
| Ширина дистального эпифиза                  | 5                                                                                       | 125-185 | 160,8  | 170                                                       | 125-185                | 162.3 | 2                                              | 164;<br>162 | –   | 7                              | 142-189 | 164  | 155-190                                                          | 2                         | 170;<br>153 | –   | 16                                            | 138-200 | 160,9±<br>4,2 | 138-200     | 165.3 |
| Поперечник дистального эпифиза              | 5                                                                                       | 120-160 | 133,6  | 135                                                       | –                      | –     | –                                              | –           | –   | –                              | –       | –    | –                                                                | 3                         | 117-127     | 122 | 16                                            | 104-135 | 119,0±<br>2,4 | 104-135     | 120.8 |
| Ширина суставного блока                     | 5                                                                                       | 115-137 | 121,6  | 120                                                       | 115-137                | 131.3 | 2                                              | 116;<br>113 | –   | –                              | –       | –    | 112-117                                                          | 3                         | 108-116     | 112 | –                                             | –       | –             | 108-117     | 113.4 |
| Поперечник суставного блока                 | 5                                                                                       | 73-111  | 100,4  | –                                                         | 73-111                 | 100.4 | –                                              | –           | –   | –                              | –       | –    | –                                                                | –                         | –           | –   | –                                             | –       | –             | –           | –     |
| Ширина диафиза на середине кости            | 5                                                                                       | 71-140  | 105,8  | 108                                                       | 71-140                 | 106.1 | –                                              | –           | –   | –                              | –       | –    | –                                                                | 3                         | 70-79       | 76  | –                                             | –       | –             | 70-79       | 76    |
| Ширина диафиза через tuber delt             | 4                                                                                       | 108-170 | 146,25 | 180                                                       | 108-180                | 154.1 | –                                              | –           | –   | –                              | –       | –    | –                                                                | –                         | –           | –   | –                                             | –       | –             | –           | –     |
| Ширина диафиза минимальная                  | 5                                                                                       | 65-75   | 78,4   | 66                                                        | 65-75                  | 76.3  | 2                                              | 89; 83      | –   | 10                             | 72-97   | 83,4 | 77-80                                                            | –                         | –           | –   | –                                             | –       | –             | 72-97       | 83.1  |
| Поперечник диафиза на середине кости        | 5                                                                                       | 71-78   | 75     | 74                                                        | 71-78                  | 74.8  | –                                              | –           | –   | –                              | –       | –    | –                                                                | 2                         | 77; 68      | –   | –                                             | –       | –             | 77;68       | –     |

Таблица 4.13 – Размеры лучевой кости (мм) *Coelodonta antiquitatis* из различных местонахождений Евразии

|                                                            | Музей БНЦ<br>СО РАН<br>Республики<br>Бурятия.<br>Археологиче-<br>ский<br>комплекс<br>«Хотык» | ГАУК РБ<br>"Национа-<br>ль-<br>ный<br>музей" | ГАУК РБ<br>«Кяхтинский<br>краеведческий<br>музей имени<br>академика В. А.<br>Обручева» |              |   | Мухорши-<br>бирский<br>район<br>Республи-<br>ки<br>Бурятия | Западное<br>Забайкалье |       | Северное<br>Прибайкал-<br>ье<br>(Калмыков,<br>1990) | Средний Урал<br>(Кузьмина,<br>Кузьмина, 1995) |             |           | Приангарье<br>(Ермолова, 1978) |         |       | Евразия |       |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|------------------------------------------------------------|------------------------|-------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|-----------|--------------------------------|---------|-------|---------|-------|
|                                                            | № 577                                                                                        | б/н                                          | n                                                                                      | lim          | M |                                                            | lim                    | M     | № 979/111-<br>Б                                     | n                                             | lim         | M±m       | n                              | lim     | M     | lim     | M     |
| <i>Промеры (мм)</i>                                        |                                                                                              |                                              |                                                                                        |              |   |                                                            |                        |       |                                                     |                                               |             |           |                                |         |       |         |       |
| Общая длина                                                | –<br>(обломано)                                                                              | 412                                          | 2                                                                                      | 420;<br>422  | – | –                                                          | 412-422                | 418   | 362                                                 | 2                                             | 372;<br>385 | –         | 5                              | 372-405 | 387.7 | 362-405 | 380   |
| Ширина<br>проксимального<br>эпифиза                        | 118                                                                                          | 115                                          | 2                                                                                      | ~109;<br>120 | – | 128                                                        | 115-128                | 120.2 | 117                                                 | 13                                            | 95-<br>115  | 104.3±1.5 | 8                              | 109-137 | 119.8 | 109-137 | 115.7 |
| Поперечник<br>проксимального<br>эпифиза                    | 75                                                                                           | 79                                           | 2                                                                                      | 82; 95       | – | 76                                                         | 75-95                  | 81.4  | –                                                   | 13                                            | 65-85       | 73.5±1.5  | –                              | –       | –     | 65-85   | 63.4  |
| Ширина диафиза                                             | 52                                                                                           | 60                                           | 2                                                                                      | 67; 71       | – | 67                                                         | 52-71                  | 63.4  | 62                                                  | 10                                            | 52-70       | 59.6±1.7  | 8                              | 60-70   | 65.3  | 52-70   | 63.4  |
| Поперечник<br>диафиза                                      | 34                                                                                           | 40                                           | 2                                                                                      | 44; 48       | – | 46                                                         | 34-48                  | 42.4  | –                                                   | –                                             | –           | –         | –                              | –       | –     | –       | –     |
| Ширина<br>дистального<br>эпифиза (без суст.<br>повер.)     | 117                                                                                          | 128                                          | 2                                                                                      | 127;<br>124  | – | –                                                          | 117-128                | 124   | 119                                                 | 2                                             | 115;1<br>22 | –         | 6                              | 113-138 | 121.2 | 113-138 | 117.7 |
| Поперечник<br>дистального<br>эпифиза (без суст.<br>повер.) | 72                                                                                           | 75                                           | 2                                                                                      | 75; 90       | – | –                                                          | 72-90                  | 78    | –                                                   | 2                                             | 77;78       | –         | –                              | –       | –     | 77;78   | –     |



Таблица 4.14 – Результаты изотопного анализа костных остатков *Coelodonta antiquitatis* из археологических комплексов Хотык и Каменка Западного Забайкалья

| № | Культуро-<br>содержащий уровень | Образец | Фрагмент<br>костного образца                 | $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$ | $\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$ | C, % | N, % | C/N <sub>ат</sub> |
|---|---------------------------------|---------|----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|------|-------------------|
| 1 | 6 уровень,<br>Хотык             | И58(15) | Фрагмент<br>трубчатой кости                  | -20.6                           | 5.8                             | 28.0 | 10.0 | 3.3               |
| 2 | 5 уровень, Хотык                | И59(15) | Фрагмент<br>кости                            | -20.2                           | 5.4                             | 32.0 | 12.4 | 3.0               |
| 3 | 4 уровень, Хотык                | И10В    | Фрагмент<br>нижнечелюстной<br>кости          | -20.6                           | 3.1                             | 47.0 | 16.8 | 3.3               |
| 4 | 4 уровень,<br>Хотык             | И9В     | Фрагмент<br>нижнего зуба $D_2$               | -19.8                           | 5.2                             | 39.5 | 17.9 | 2.6               |
| 5 | 4 уровень, Хотык                | И44(15) | Фрагмент зуба $D_2$                          | -19.6                           | 6.8                             | 42.0 | 15.4 | 3.2               |
| 6 | Комплекс «А»,<br>Каменка        | И11В    | Фрагмент<br>верхнего<br>коренного зуба $M^2$ | -18.8                           | 5.1                             | 38.4 | 15.7 | 2.9               |
| 7 | 2 уровень, Хотык                | И48(15) | Фрагмент ребра                               | -19.5                           | 4.8                             | 41.2 | 13.4 | 3.6               |
| 8 | Комплекс «Б»,<br>Каменка        | И62(15) | Фрагмент<br>бедренной кости                  | -19.9                           | 5.0                             | 43.9 | 15.5 | 3.3               |

## **ГЛАВА 5. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ В РАННЕМ ЖЕЛЕЗНОМ ВЕКЕ**

Реконструкция ландшафтно-климатических условий и стратегий адаптации человека к ним в прошлом является одним из ключевых вопросов, решаемых на стыке естественных и гуманитарных наук. С одной стороны, фундаментальность проблемы видится в том, что расшифровка процессов изменения и/или данные о постоянстве климата и ландшафтов в позднем кайнозое представляют собой основу для прогноза климатических и экологических сдвигов окружающей среды в среднесрочной и долгосрочной перспективе, в частности для Забайкальского региона Центральной Азии. С другой стороны, особый интерес вызывают вопросы об условиях окружающей среды, в которой проходила жизнь человека и социумов в прошлом. Предполагается, что изменение окружающей среды могло стать одним из ведущих факторов, повлиявших на зарождение, эволюцию, миграции и, возможно, исчезновение ранних племен и их союзов, а также более крупных политических объединений, в том числе первых кочевых государств и империй. В исследовании была применена схема голоцена Блитта – Сернандера [Roberts, 1998].

На рубеже первого тысячелетия до н.э. во Внутренней Азии племена хунну создали первую кочевую империю. Её возникновение и развитие всецело было обусловлено необходимостью противостоять внешним угрозам, как со стороны воинственных соседей-кочевников, так и со стороны возникшей единой китайской государственности сначала империи Цинь (221 – 206 гг. до н.э.), а затем империи Хань (206 г. до н.э. – 220 г. н.э.) [Крадин, 2002].

Изучение аспектов хозяйственного уклада населения Империи Хунну долгое время базировалось на сведениях китайских династийных хроник [Sima, 1958; Лидай, 1958]. Письменные источники традиционно описывали хунну как воинственных кочевников, имевших примитивную культуру и занимавшихся исключительно скотоводством [Амартувшин и др., 2010; Бросседер,

Марсадолов, 2010; Данилов и др., 2011; Данилов и др., 2016; Дашковский, Мейкшан, 2016; Ивлиев и др., 2017; Коновалов и др., 2016; Ковалев и др., 2011; Крадин и др., 2017; Крадин и др., 2018; Миняев, 2007; Миягашев и др., 2017; Николаев, 2010; Николаев, Миняев, 2017; Полосьмак, Богданов, 2015; Сутягина, 2017; Эрэгзэн, 2017; Brosseder, 2004; Brosseder, 2016; Erdenebaatar et al., 2015; Hole, Broderick, 2011; Honeychurch, Amartuvshin, 2006; Houle, Erdenebaatar, 2004; Konovalov, 2008; Miniaev, Sakharovskaia, 2008; Miller, 2014; Ramseyer et al., 2009; Rogers, 2017; Wilkin et al. 2020b; Wright et al 2009].

Одним из первых попытался охарактеризовать хозяйственный тип хунну Г.П. Сосновский [Сосновский, 1946]. На основе раскопок погребальных и оседлых комплексов он представлял хунну, как полукочевое общество. К аналогичным выводам пришел П.Б. Коновалов [Коновалов, 1976]. Важное значение в свете этой проблемы имеют исследования стационарных поселений таких как Иволгинское городище и поселение Дурены (Западное Забайкалье), где были зафиксированы свидетельства развитого земледелия (находки плугов, мотыг, серпов, зернотерок, а также злаков) [Давыдова, Шилов, 1953; Давыдова, 1995]. А.В. Давыдова считала, что появление оседлых комплексов стало результатом стремления хунну восполнять недостаток земледельческих и ремесленных продуктов [Давыдова, 1995]. Дашибалов Б.Б. выделял в обществе хунну кочевнический и оседлый элементы [Дашибалов, 1995]. Истоки оседлого типа в хозяйстве хунну он объяснял дальневосточным происхождением, а кочевые аспекты культуры связывал с западно-азиатскими истоками. Н.Н. Крадин связывает появление оседлых комплексов у хунну с миграциями в монгольские степи ханьского населения (сторонники Цинь и других китайских царств, недовольные возвышением Хань) [Крадин, 2002; Крадин и др., 2017]. Состав китайских общин пополнялся захваченными во время набегов на Поднебесную пленными и военными частями, переходившими на сторону кочевников [Лидай, 1958; Таскин, 1968].

В настоящем разделе с использованием изотопного анализа соотношения углерода и азота сделана попытка раскрыть следующие вопросы:

1. Осветить некоторые аспекты скотоводческой деятельности хунну. Например, имела ли место деградация пастбищ при интенсивном выпасе и была ли стратегия использования пастбищных угодий?
2. Установление места в системе жизнеобеспечения населения хунну оседлых комплексов, появление которых фиксируется по письменным и археологическим свидетельствам. Насколько широко получила распространение земледельческая продукция среди населения хунну?
3. Реконструкция ландшафтно-климатических условий в Забайкалье в период жизнедеятельности хунну.

### **5.1. Краткая историко-археологическая справка**

Согласно письменным и археологическим данным основным занятием хунну Западного Забайкалья, как всей империи, было скотоводство. Китайские хронисты описывали хунну как кочевых скотоводов: «Из домашнего скота у сюнну больше всего лошадей, крупного рогатого скота и овец, из редкого скота – верблюдов, ослов, мулов, цзюэти, таоту и таньхи. В поисках воды и травы переходят с места на место, и, хотя у них нет городов, обнесенных внутренними и внешними стенами, нет постоянного местожительства, и они не занимаются обработкой полей, тем не менее каждый тоже имеет выделенный участок земли... По существующим среди них обычаям, в спокойное время следуют за своим скотом и попутно охотятся на птиц и зверей, поддерживая таким образом существование...» [Таскин, 1968].

Одной из нерешенных проблем в изучении социальной структуры хуннского общества остается вопрос о характере взаимоотношений между оседлым населением (земледельцы, ремесленники) и представителями кочевнического сословия. Археологические источники дополняют данные

письменных источников. По своей значимости хуннские элитные курганы вполне могут быть сопоставимы с так называемыми «царскими» захоронениями других древних кочевников евразийских степей: Алтайскими курганами пазырыкцев, Аржаном, захоронениями тагарской знати (Минусинская котловина), Бесшатырскими, Салбыкскими, Иссыкскими и Чиликтайскими курганами сакского времени (Казахстан), со скифскими курганами Причерноморья.

Рядовые могилы Ильмовой и Черемуховой пади, Дэрестуйского Култука, так же в целом больше и богаче погребений грунтового Иволгинского могильника. Этот факт косвенно может указывать на наличие эксплуатации ими населения поселений и городищ, но, скорее всего, в Хуннской державе существовал более широкий спектр отношений между кочевниками и земледельцами. Это выражалось в существовании поселений (таких как Дурены, Мангиртуйское, Енхорское), заселенных пленниками-рабами, и населенных пунктов, жители которых имели статус полувассальных данников, обязанных поставлятьномадам земледельческую и ремесленную продукцию. Возможно, даже существовали общины земледельцев, поддерживавшие дружеские экономические и торговые связи с кочевой частью населения степной империи при условии общего военно-политического доминирования номадов. Кочевники могли поставлять оседлым жителям скот и продукты скотоводческого хозяйства, частично компенсируя земледельцам недостаток в мясе, овчинах, шерсти, войлоке и т.д. [Крадин, 2002; Крадин и др., 2004; Крадин, 2005]

Таким образом, оседлые земледельческие городища и поселения играли важную роль в экономической структуре Хуннской кочевой империи. Одно только Иволгинское городище могло снабдить зерном в качестве пищевой добавки в течение зимы более 13 000 кочевников [Крадин и др., 2004; Крадин, 2005]. На территории современной степной Бурятии согласно продуктивности пастбищных ресурсов, могло кочевать от 12 000 до 26 000 скотоводов [Крадин,

2005]. Вместе с тем, внутренняя седентеризация не могла полностью обеспечить хуннское общество собственной ремесленно-земледельческой продукцией. Недостающие продукты сельского хозяйства и товары ремесленников кочевники получали через торговые операции с Китаем и странами «Западного края», установление даннических отношений с более слабыми соседями, чередование периодических набегов на Китай и вымогательство от китайской администрации так называемых «подарков» [Крадин, 2002; Крадин, 2005].

Изучение археологических памятников хунну на территории Западного Забайкалья началось в конце XIX в. Значительную часть изучаемых археологических памятников составили могильники – в Ильмовой и Черемуховой падах, Дырестуйский кулдук, Енхор, Эдуй, Иволгинский могильник, Гуджир-Мыгэ, Оргойтон, Царам, Нур-Тухум. Одни могильники располагаются в вершинах падей (Ильмовой, Черемуховой), другие вблизи берегов рек (Дырестуйский Кулдук, Иволгинский, Гуджир-Мыгэ) [Коновалов, 1976]. Надмогильные конструкции представляют собой небольшие насыпи из камней и земли, чаще кольцевидной формы с небольшими западинами в центре. Погребения Иволгинского могильника, связанного с городищем, не имели надмогильных конструкций. На Дырестуйском кулдуке были зафиксированы случаи сооружения каменного кургана, вокруг которого, располагались погребения без надмогильных конструкций [Миняев, 2007]. Погребальные сооружения разнообразны и бывают представлены двойными срубам и гробами внутри них, гробами в срубам, только гробами, каменными ящиками, в некоторых случаях они и вовсе отсутствуют. Сопроводительный инвентарь представлен различными категориями инвентаря и включает орудия труда и предметы быта, оружие, посуду, конское снаряжение, украшения, жертвенную пищу [Коновалов, 1976; Давыдова, 1995; Миняев, 2007].

Могильники, в составе которых присутствуют большие курганы, определяемые как погребения хуннской знати или «княжеские» курганы,

располагаются в крупных распадках и удалены от берегов рек на расстояние, которое исчисляется километрами. К ним, например, относится могильник в Ильмовой пади, могильник в пади Царам и могильник Оргойтон. Элитные курганы резко отличаются от рядовых размерами и сложностью конструкции. Их насыпи имеют диаметр 10-25 м с центральной впадиной по середине, и примыкающим с южной стороны шлейфом в виде хвоста. Погребальные конструкции у них включают каменные перегородки с отсеками, с погребальной постепенно сужающейся ямой глубиной 9-17 м [Koноvalov, 2008]. В некоторых случаях элитные курганы имеют сопроводительные захоронения (№ 54а и 54б в Ильмовой пади), где погребенные имеют признаки насильственной смерти [Коновалов, 1976].

Большинство могильников (в Черемуховой и Ильмовой падах, в Дырестуйском Култуке, Эдуге, Енхоре, Баргае и др.) считаются родовыми кладбищами кочевого населения хунну [Давыдова, 1995; Коновалов, 1976]. Они не связаны с поселенческими комплексами, а количество труда, вложенного в захоронения курганных могильников Ильмовая и Черемуховая падь, Дэрестуйский Култук, превышает затраты на погребения Иволгинского могильника. Это дает основание предположить, что статус кочевников-скотоводов был выше статуса жителей оседлых земледельческих поселений [Крадин и др., 2004; Крадин, 2005].

Во второй половине XX в. в Западном Забайкалье началось изучение крупных поселений хунну. Были обнаружены Иволгинское городище, городище Баян-Ундэр (р. Джиды) и крупное неукрепленное поселение в окрестностях с. Дурёны. В 1981 г. к югу-западу от могильника Енхор, на высокой террасе р. Джиды было выявлено еще одно не укрепленное поселение хунну. В обнажениях грунтовой дороги найдены фрагменты керамики хунну, обломок железного сошника, фрагмент украшения в виде плоского кольца и обломки перламутровых раковин, экспонированных на дневную поверхность. При осмотре поверхности памятника фиксировались остатки землянок

[Цыбиктаров, 1986]. В 1987 г. работы на поселении проводились А.Д. Цыбиктаровым, однако материалы раскопок не опубликованы. Многолетние раскопки на Иволгинском городище и поселении у с. Дурены позволили выявить жилища полуземляночного типа с отопительной системой типа кан. На Иволгинском городище общее число исследованных жилищ составило 54 [Давыдова, 1995], в Дуренах – 6 [Давыдова, Миняев, 2003]. В настоящее время начато изучение неукрепленного поселения Нижний Мангиртуй на р. Хилок. Большинство известных поселений как с фортификационными сооружениями, так и неукрепленных расположены в бассейне реки Селенга и тяготеют непосредственно к ее берегам или берегам ее крупных притоков.

## 5.2. Объекты исследований

Материалом для исследования состава стабильных изотопов послужили костные образцы из могильников Ильмовая падь, Гуджир Мыгэ, Енхор, Баргай, Нур-Тухум и поселения Нижний Мангиртуй Западного Забайкалья (рисунок 5.1). Археологические раскопки этих памятников проводились во второй половине XX и в начале XXI века специалистами ИМБТ СО РАН.

### 5.2.1. Характеристика могильников и поселений

**Могильник Ильмовая Падь** (Кяхтинский район) находится в долине р. Селенга, в юго-западной части Сафроновского хребта (северо-восточное продолжение хребта Бургутуй), к северу от г. Кяхта (рисунок 5.1). Могильник является хорошо известным археологическим памятником, имеющим достаточно длительную историю изучения, и одним из трех, где имеются элитные захоронения. В составе могильника насчитывается 188 погребений, из которых 177 – небольшие курганы с каменной кольцевидной надмогильной конструкцией (так называемые «рядовые»), и 11 большие курганы с дромосом (с проходом), именуемые в археологической литературе княжескими. Первые раскопки на площади памятника произвел Ю.Д. Талько-Грынцевич в 1896-1897 гг. [Талько-Грынцевич, 1899]. В последующее время на памятнике работали в



1928-29 гг. Г.П. Сосновский [Сосновский, 1946], в 1955 г. А.П. Окладников, в 1967-1975 гг. П.Б. Коновалов [Коновалов, 1976, Konovarov, 2008], в 1994-1995 гг. С.В. Данилов [Данилов, 1999], в 2001-2007 гг. Б.Б. Дашибалов, в 2015 г. Базаров Б.А. и Миягашев Д.А. [Коновалов и др., 2016]. Общее количество раскопанных погребений составило 80.

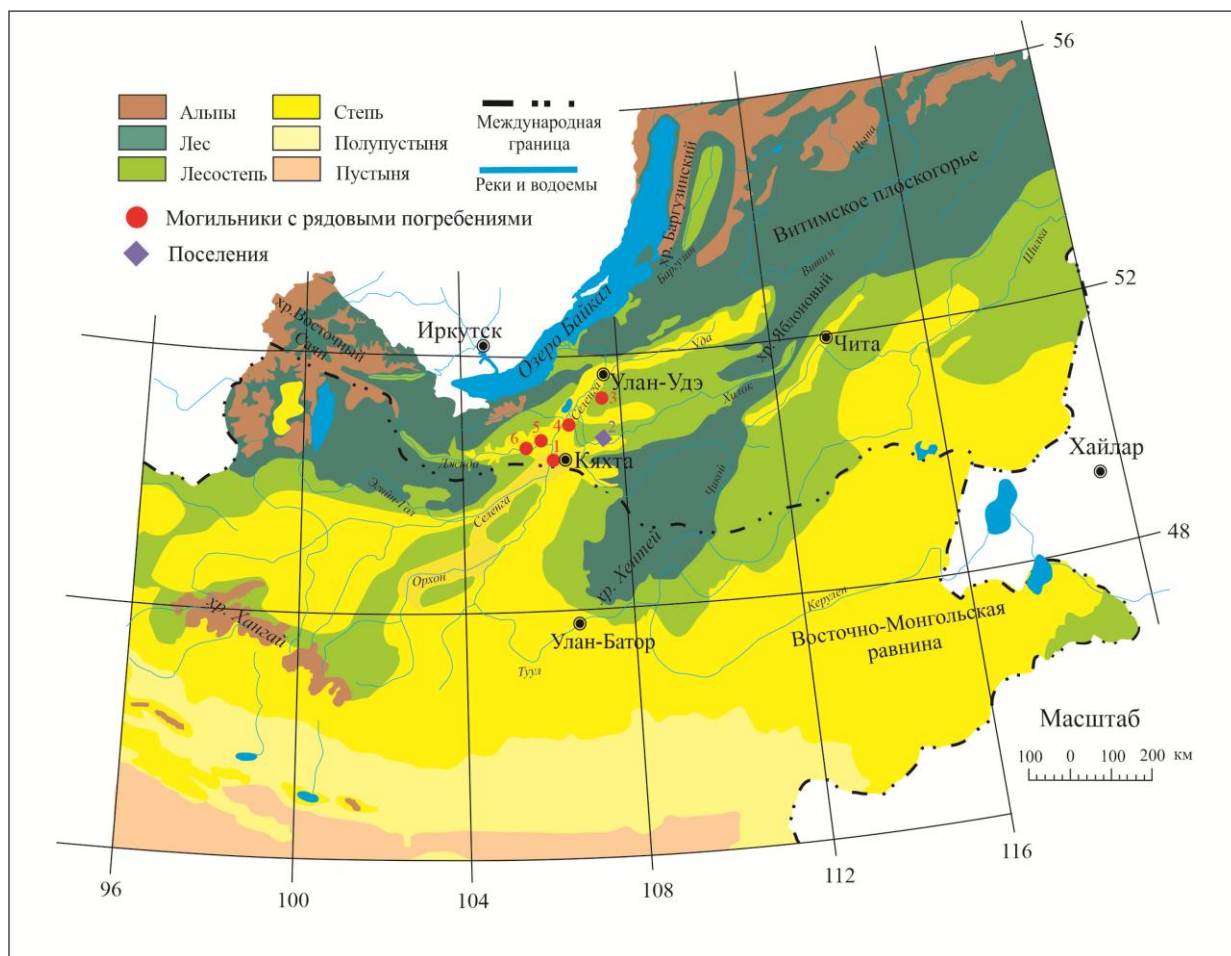


Рисунок 5.1 – Местоположение археологических комплексов (II в. до н.э. – I в. н. э.) Западного Забайкалья

1 – Ильмовая падь, 2 – Нижний Мангиртуй, 3 – Баргай, 4 – Нур-Тухумский комплекс, 5 – Гуджир Мыгэ, 6 – Енхор

**Могильник Гуджир Мыгэ** (Джидинский район) находится в долине р. Джиды, напротив улуса Дырестуй (рисунок 5.1), на песках, которые тянутся на протяжении 10-12 км. Могилы грунтовые, в большинстве своем разрушенные. Памятник открыт в 1900 г. Ю.Д. Талько-Грынцевичем, раскопавшим здесь 30 захоронений. В 1949 г. А.П. Окладниковым и Р.Ф. Тугутовым раскопано на

этом памятнике 4 захоронения. В 2014 г. на площади могильника были проведены геофизические работы [Коновалов и др., 2016]. В 2015 г. Базаровым Б.А., Миягашевым Д.А. и Именохоевым Н.В. были раскопаны остатки разрушенного захоронения № 35.

**Могильник Енхор** (Джидинский район) находится в долине р. Джида, к юго-востоку от улуса Енхор (рисунок 5.1), на высокой надпойменной террасе высотой до 30 м, подверженной ветровой эрозии, в местности «Данилкин лес». Памятник открыт в 1983 г. Коноваловым П.Б. и Именохоевым Н.В. В составе могильника насчитывается 150 захоронений. Всего раскопано 65 погребений, 12 из которых хуннские. Погребения хунну располагались в центральной части могильника по обоим бортам оврага, делящего территорию могильника на две половины [Именохоев, 1988].

**Могильник Баргай** (Тарбагатайский район) находится в долине р. Селенга, к северо-западу от с. Нижний Жирим, у подножья южного склона горы Острая Сопка (рисунок 5.1). Памятник был обнаружен в 1980 г. Археологами Коноваловым П.Б. и Именохоевым Н.В. [Коновалов, Кириллов, 1983; Коновалов, 1985]. Кроме того, на территории могильника имеются следы хуннского поселения. В составе могильника насчитывается 102 разновременных захоронения. В ходе раскопок 1982 и 1986 гг. было исследовано 30 погребений, включая 6 хуннских. В 2015 г. Базаровым Б.А., Миягашевым Д.А. и Именохоевым Н.В. было исследовано хуннское погребение № 31.

**Могильник Нур-Тухум** (Селенгинский район) находится в долине р. Селенга, в окрестностях улуса Нур-Тухум (рисунок 5.1), на лесостепной равнине, поверхность которой характеризуется неровной валлообразной структурой, типичной для эоловых мезоформ рельефа: дефляционные котловины глубиной до 2-3 м, дюны и куполообразные бугры навевания высотой 1-5 м. В центральной и южной частях памятника преобладает растительность сухостепной зоны. Археологический памятник открыт в 2015 г.

Базаровым Б.А. и Миягашевым Д.А. [Коновалов и др., 2015]. В составе могильника насчитывается 77 рядовых могил. В 2016-2017 гг. на могильнике были раскопаны погребения № 24, №№ 46-47. В 2017 г. Базаров Б.А. обнаружил второй участок могильника, содержащий 33 погребения, на котором в 2018 г. начаты раскопки.

**Поселение Нижний Мангиртуй** (Бичурский район) находится в долине р. Хилок, к юго-западу от с. Нижний Мангиртуй, в центральной части Мангиртуйского амфитеатра, на правом берегу р. Мангиртуйки (рисунок 5.1). Памятник был открыт в 1987 г. Л.В. Лбовой. Зафиксировавшей в бортах оврагов остатки жилищ с отопительными система (канами) [Лбова, Хамзина, 1999]. В 2015 г. Миягашев Д.А. и Базаров Б.А. исследовали жилище № 1 полуземляночного типа, аналогичного жилищам Иволгинского городища и поселения Дурены. Проведенные геофизические исследования позволили выявить особенности планиграфии и структуру культурного слоя поселения [Миягашев и др., 2017].

Имеющиеся радиоуглеродные даты исследуемых археологических комплексов эпохи Хунну Западного Забайкалья с учётом их калибровки перекрывают широкий возрастной диапазон от 746 г. до н.э. до 420 г.н.э. (2696 – 1530 л. н. относительно 1950 г.) (рисунок 5.2). Наиболее ранние даты получены по образцам древесины из могильника 1 памятника Гуджир Мыгэ. Однако эти данные являются дискуссионными, поскольку калиброванные значения этой пробы (ЛУ-8638) образуют три пика (рисунок 5.2). Наиболее вероятный интервал составляет 552 – 343 гг. до н.э. (вероятность 67%). Калиброванный радиоуглеродный возраст кости *Bos taurus* (ЛУ-8637, 387 – 43 гг. до н.э.) из этого же могильника также соответствует этому периоду.

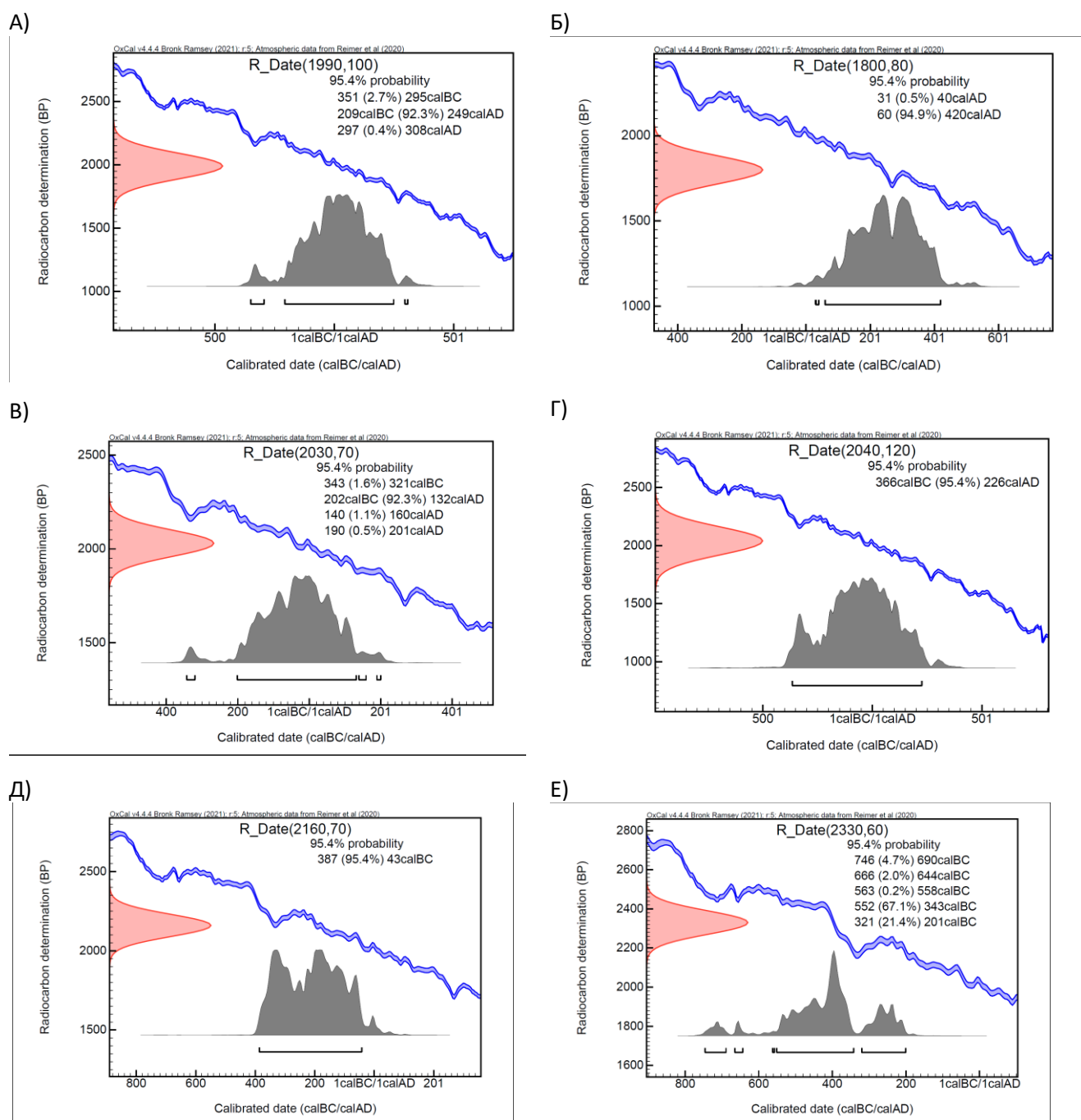


Рисунок 5.2 – Графики калибрования радиоуглеродных датировок с помощью OxCal 4.4.4 [по Bronk Ramsey, 2021])

А–В – Ильмовая падь (А – ЛУ-8634, кость; Б – ЛУ-8635, кость; В – ЛУ-8636); Г – Нур-Тухум (ЛУ-8633, кость); Д – Гуджир Мыгэ (ЛУ-8637, кость); Е – Гуджир Мыгэ (ЛУ-8638, дерево).  
Источник: Дашибалов Б.Б., Коновалов П.Б., Базаров Б.А., Миягашев Д.А., Именохоев Н.В

Таким образом, археологические памятники датируются временным промежутком 552 г. до н.э. и 420 г.н.э. (2696 – 1530 л. н. относительно 1950 г.). Нужно отметить, что остатки домашних животных обнаружены не только в культурных слоях древних поселений, но и в погребальных комплексах, что указывает на важную социально-хозяйственную роль животноводства среди хуннов. Однако из-за недостаточной изученности не по всем археологическим раскопкам есть полная информация о видовом составе погребенных животных.

#### 5.2.2. Таксономический состав и морфометрическая характеристика фаунистических и человеческих костных остатков.

В таблице 5.1 приведен таксономический состав костных остатков из изученных могильников. В таблице 5.2 приведены подробные морфометрические характеристики отобранного материала для изотопного анализа. По видовому составу и количеству костных остатков следует, что из домашних травоядных животных преобладают крупный (*Bos taurus*), мелкий рогатый скот (*Ovis/Capra*) и лошадь (*Equus caballus*). Среди диких травоядных животных наибольшее количество остатков принадлежит косули (*Capreolus pygargus*), тогда как остатки благородного оленя (*Cervus elaphus*) встречаются реже. Из всеядных и хищных животных были найдены костные остатки домашних свиней (*Sus domesticus*) и собак (*Canis familiaris*). Полученные данные свидетельствуют о том, что население занималось кочевым скотоводством, свиноводством и охотничьим промыслом. Наличие костных остатков мелких млекопитающих таких видов, как суслик (*Spermophilus* sp.), пищуха (*Ochotona* sp.) и тарбаган (*Marmota sibirica*) предполагают наличие открытых ландшафтов вблизи поселений.

Отбор материала для изотопного анализа производился из коллекций ИМБТ СО РАН и музея БНЦ СО РАН. Предпочтение отдавалось костным остаткам, определяемым до вида, без видимых признаков вторичного преобразования (например, карбонизации, гумификации) или с минимальной выраженностью, но с относительно плотной внутренней костной структурой. К

категории плохой сохранности отнесены хрупкие кости с рыхлой внутренней структурой, поскольку их ломкость свидетельствует о деградации их коллагена [Святко, 2016], а также кости с признаком плесени, что, возможно, связано с неправильным хранением материала. Всего проанализировано 52 проб коллагена, из них 9 проб представляют собой костные остатки человека, 43 – остатки животных. Среди последних: 38 образцов принадлежит травоядным животным, включая три пробы – от диких копытных (изюбр и косуля). Две пробы относятся к костям домашней собаки, и три – домашней свиньи.

### 5.3. Результаты $\delta^{13}\text{C}$ – $\delta^{15}\text{N}$ анализа

Результаты изотопного анализа представлены в таблицах 5.3 и 5.4, а также на рисунках 5.3 и 5.4. В большинстве случаев доля выделенного коллагена от массы кости составляла более 0.5% при соотношении атомных количеств углерода и азота (C/N) в коллагене в пределах 2.9 – 3.6, что соответствует хорошей сохранности коллагена [DeNiro, Schoeninger, 1983; DeNiro, 1985; Ambrose, 1990; Brown et al., 1988; van Klinken, 1999; Bocherens et al., 1994; Bocherens, Drucker, 2013]. Однако, для проб № 38 (зуб мелко-рогатого скота) и № 40 (зуб крупно-рогатого скота) из могильника Енхор значения C/N составили 4.0 и 2.8 соответственно, что указывает на плохую сохранность коллагена, поэтому данные образцы исключены из дальнейших обсуждений.

#### 5.3.1. Реконструкция условий животноводства

Для травоядных животных из хуннских могильников значения  $\delta^{13}\text{C}$  находятся в диапазоне от -22 до -18‰ (таблица 5.3; рисунок 5.3), что указывает на преобладание в их диете степных трав с C3-типом фотосинтеза (возможно ксерофитов). Подобная растительность произрастает в условиях открытой местности с умеренным климатом – в сухостепных, степных и лесостепных ландшафтах, где C4-растения имеют резко подчиненное значение [Bocherens, 2003; Tipple, Pagani, 2007]. При этом для большинства костных остатков мелко-

рогатого скота (МРС) и крупно-рогатого скота (КРС) из археологических комплексов Ильмовая падь, Нур-Тухум, Гуджир Мыгэ, Енхор характерны вариации  $\delta^{13}\text{C}$  в диапазоне от -20.6 до -18.2‰. По-видимому, сходный изотопный состав углерода обусловлен тем, что животные из разных мест имели одинаковый рацион питания, состоящий преимущественно из трав, произрастающих в настоящей степи и сухой степи.

Лошади из поселения Нижний Мангиртуй и могильника Ильмовая падь характеризуются относительно облегченным изотопным составом углерода ( $\delta^{13}\text{C}$  от -21.8 до -20.1‰) (таблица 5.3; рисунок 5.3), что свидетельствует об уменьшении в их диете степных травянистых растений и увеличением доли лесной, возможно, кустарниковой, растительности. Изотопный состав костных остатков лошадей близок составу остатков косуль и оленя ( $\delta^{13}\text{C}$  от -22 до -20.1‰). Вероятнее всего, эти животные паслись преимущественно в лесостепной или лесной зоне, что особенно характерно для косуль и оленей [Смирнов, 1978].

Значительная часть образцов рогатого скота имеет значения  $\delta^{15}\text{N}$  от 7.0 до 9.1‰, что сопоставимо для травоядных животных из сухих степей Внутренней Азии (8–10‰) [Davie et al., 2014] (рисунок 5.3). Наибольшее обогащение тяжелым изотопом азота наблюдается для МРС ( $\delta^{15}\text{N}$  от 8.4 до 9.1‰) из могильных комплексов Ильмовая падь и Нур-Тухум. Причины этого может быть обусловлено дигрессией пастбищ [Рысков и др., 2006], например, вблизи поселений с полуоседлым и оседлым хозяйственным укладом, когда круглогодичный выпас скота проводится на ограниченной площади [Wilkin et al., 2020a]. Однако учитывая, что утяжеленный состав азота наблюдается для рогатого скота практически повсеместно, то, вероятно, что в Селенгинском среднегорье доминировали сухостепные пастбища.

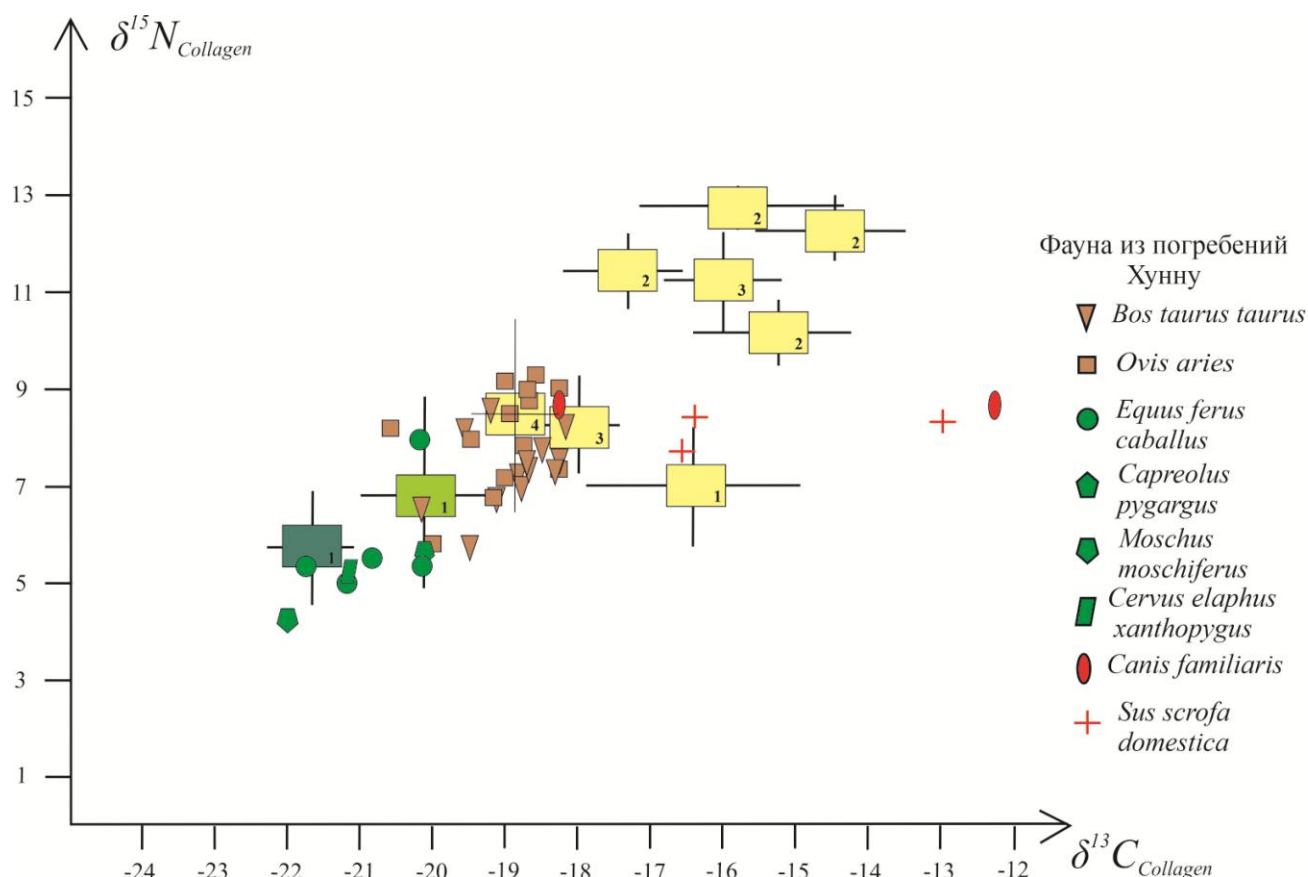


Рисунок 5.3 – Изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) и азота ( $\delta^{15}\text{N}$ ) костного и зубного материала животных из археологических комплексов хунну Западного Забайкалья (II в до н.э. – I в н. э.) и современной травоядной фауны Монголии и Западного Забайкалья

Современная травоядная фауна (прямоугольник с планками в одно стандартное отклонение): бледно-желтый цвет – фауна пустынь/полупустынь, светло-зеленый – фауна степных ландшафтов, темно-зеленый – фауна лесостепных/лесных. Цифры – литературные источники: 1 – Khubanova et al., 2023; 2 – Davie et al., 2014; 3 – Makarewicz, Tuross, 2006; 4 – Ananyevskaya et al., 2020

При этом результаты анализа костной и зубной ткани одной особи *Bos taurus* (IP 18-2003-17 и IP 19-2003-17) из Ильмовой пади имеют некоторые вариации изотопных отношений углерода и азота, что указывает на смену условий выпаса, возможно, сезонную, а возможно территориальную (от сухостепных стаций к степным).

У остатков лошадей и коровы из Ильмовой пади, а также одной особи МРС, косули и оленя из поселения Нижний Мангиртуй зафиксированы наиболее низкие значения  $\delta^{15}\text{N}$  5.4–5.8‰. Эти результаты показывают, что



условия их выпаса были более благоприятными – они не испытывали водного и пищевого стресса, и в их рационе наряду с травянистой растительностью присутствовали кустарниковые (лесные) виды. Вероятно, эти животные паслись в лесокустарниковой зоне, либо на пастбищах с чередованием степных, редколесных и лесных зон растительности.

Находки костей домашних свиней указывают на элементы оседлости у хуннов. Особенно интересные изотопные данные получены для всеядных животных, особи собаки и двух свиней, поселения Нижний Мангиртуй. Они существенно отличаются утяжеленным составом углерода ( $\delta^{13}\text{C}$  от -16.5 до -12.3‰) от всех остальных животных (таблица 5.3 и рисунок 5.3). Изотопный состав азота ( $\delta^{15}\text{N}$  7.6 – 8.8‰) этих животных остается на уровне характеристик травоядного рогатого скота. Это позволяет предположить, что в рационе собаки и свиней из этого поселения существенное значение имела растительная пища, особенно растения C4-типа, например, просо. Учитывая, что их изотопный состав углерода сопоставим с значениями  $\delta^{13}\text{C}$  у людей Хуннской эпохи ( $\delta^{13}\text{C}$  от -15.8 до -13.1‰) (см. следующий подраздел), в чей рацион питания входило просо, то, вероятнее всего, собаку и свиней кормили пищевыми отходами со стола и продуктами земледелия.

Несколько иные характеристики получены для собаки из могильного комплекса Гуджир Мыгэ. Ее значение  $\delta^{13}\text{C}$  в среднем на 1.5 – 2‰ и  $\delta^{15}\text{N}$  примерно на 4.5‰ отличны от изотопных характеристик лошадей, косуль и оленя. Такие особенности предполагают, что основу ее диеты составляло мясо лесостепных и лесных животных. Возможно, собака питалась и обитала длительное время вблизи леса и/или использовалась для охоты. Учитывая положение ее остатков в сакрально-погребальном комплексе, то, вероятно, она имела особое отношение к усопшему хунну. Наличие костных останков собаки с изотопным составом характерным для охотничьей особи, а также, находки остатков диких животных на территории древних поселений (косуля, благородный олень, лось, тетерев, глухарь, заяц), свидетельствуют о наличии

охотничьего промысла у хунну. Нужно отметить, что среди этих находок также встречаются остатки дзеренов, газели и куланов – животных сухих степей и полупустынь [Давыдова, 1985; Коновалов, 1976; Коновалов и др., 2016]. Видимо, охота была одной из важных отраслей хозяйства хунну наряду со скотоводством и земледелием. В китайских хрониках об этом говорится буквально следующее: «Мальчики умеют ездить верхом на овцах, из лука стрелять птиц и мышей; постарше стреляют лисиц и зайцев, которых употребляют в пищу» [Крадин, 1996]. По результатам археологических раскопок памятников хунну (например, Иволгинское городище, Дурены, Ильмовая падь, Нижний Мангиртуй) восстанавливается список промысловых животных, куда входили благородный олень, лось, горный баран, дзерен, косуля, кабан, медведь, барсук, из пушных зверей – заяц, хорек, соболь, из птиц – глухарь [Давыдова, 1985; Коновалов, 1976].

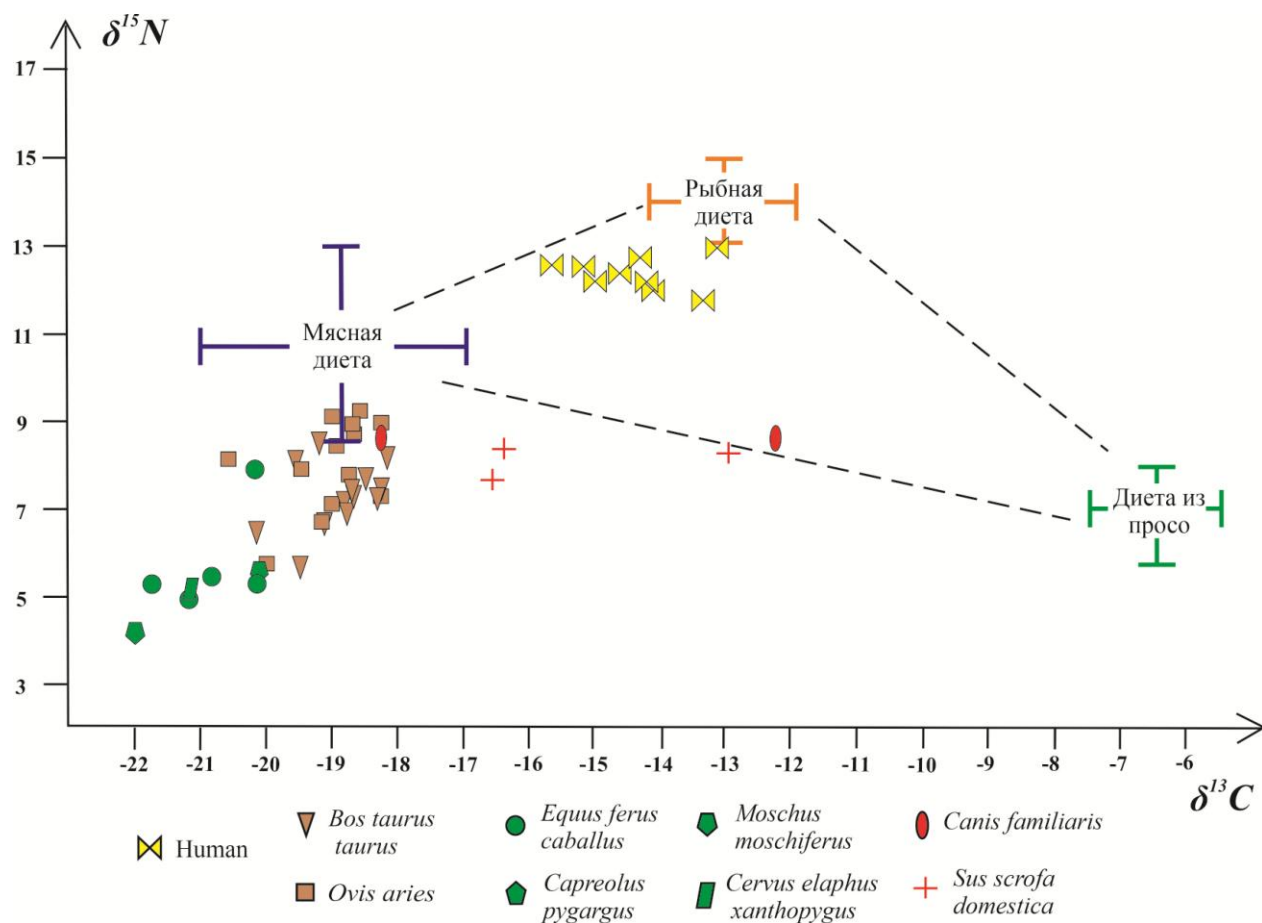
### *5.3.2. Реконструкция диеты хунну*

Учитывая, что основной хозяйственной деятельностью кочевников хунну было скотоводство, то можно предположить, что основу их питания должны были составлять белковые продукты – мясо домашних животных и молочные продукты. Известно, что эффект фракционирования изотопов углерода в трофической цепи представляет следующую зависимость: на I трофическом уровне от продуцента к консументу первого порядка  $\delta^{13}\text{C}$  увеличивается на +5‰; на II трофическом уровне от консумента первого порядка к консументу второго порядка  $\delta^{13}\text{C}$  возрастает +1.3‰; на III трофическом уровне – еще на +1.3‰; и так далее [Bocherens, 2003; Kelly, 2000; Mannino et al., 2011]. Выше было показано, что изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) домашних травоядных животных, разводимых хунну в Западном Забайкалье, варьирует от -22 до -18‰. При этих значениях у кочевников, питающихся исключительно мясом и молоком, отвечающих второму трофическому уровню, значение  $\delta^{13}\text{C}$  должно составлять от -21 до -17‰. Близкие изотопные характеристики ( $\delta^{13}\text{C}$  от -20 до -17‰) отмечены для людей

эпохи позднего бронзового и раннего железного веков в ряде регионов Внутренней (Монголия) и Средней (Туркменистан) Азии [Machicek, 2011; Fenner et al., 2014; Ventresca Miller et al., 2019a; Ventresca Miller et al., 2019b; Wilkin et al., 2020b].

В отличие от них для представителей хунну в Западном Забайкалье наблюдается иной изотопный состав углерода, значительно более тяжелый,  $\delta^{13}\text{C}$  – от -13.1 до -15.8‰ (таблица 5.4; рисунок 5.4). Наиболее очевидной причиной этого отличия может быть то, что в рацион питания хунну, помимо животного белка, входили растения с C4-типом фотосинтеза. Эти растения характеризуются относительным обогащением тяжелым изотопом углерода. К растениям с C4-типом, для которых типичен утяжеленный состав углерода, относится просо.  $\delta^{13}\text{C}$  проса составляет около -12‰ [Murphy, 2013]. Согласно археологическим данным при раскопках в Ильмовой (погребения № 40, 41, 48) и Черемуховой падах (погребение № 40) было обнаружено просо [Сосновский, 1946; Коновалов, 1976]. Зерна этой культуры были задокументированы в элитных курганах Ноин-Улы и Гол-Мод в Монголии [Руденко, 1962; Королюк, Полосьмак, 2010; Королюк, Полосьмак, 2012; Полосьмак, Богданов, 2015]. При раскопках Иволгинского городища были найдены зерновые, такие как просо, ячмень и пшеница [Давыдова, 1985]. Если предположить достаточно продолжительную диету человека, состоящую только из проса, то для него  $\delta^{13}\text{C}$  будет около -5.5 и -6‰, с учетом эффекта Зюсса (Suess effect) [Keeling, 1979; Francey et al., 1999]. При употреблении только пшеницы и ячменя, у которых  $\delta^{13}\text{C} = -27$ ‰, величина, характеризующая изотопный состав углерода субъекта, будет составлять около -20.5‰ [Murphy, 2013]. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  от -13.4 до -15.8‰ у хунну Забайкалья указывает на смешанный рацион питания, состоявший преимущественно из животного белка и в меньшей степени из проса. Изотопная характеристика углерода у хунну немного смещена в сторону от среднего изотопного состава людей с мясомолочной диетой (с  $\delta^{13}\text{C}$  от -20 до -17‰) и от вегетарианцев (с  $\delta^{13}\text{C}$  от -5.5 до -6‰), питавшихся просом (таблица

5.3; рисунок 5.4). Вероятно, что хунну также в небольшом количестве употребляли пшеницу и ячмень.



**Рисунок 5.4.** Изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) и азота ( $\delta^{15}\text{N}$ ) костного и зубного материала животных и человека из археологических комплексов хунну Западного Забайкалья (II в до н.э. – I в н. э.)

Изотопный состав людей с различной диетой рассчитаны по формулам:  $\delta^{13}\text{C}_I + 5\text{‰} = \delta^{13}\text{C}_{II}$  и  $\delta^{13}\text{C}_{II} + 1.3\text{‰} = \delta^{13}\text{C}_{III}$ ; для  $\delta^{15}\text{N}_I + 5\text{--}6\text{‰} = \delta^{15}\text{N}_{II}$  и  $\delta^{15}\text{N}_{II} + 5\text{--}6\text{‰} = \delta^{15}\text{N}_{III}$ , где римские цифры указывают трофический уровень. Планки обозначают максимальные и минимальные значения. Состав рыбной диеты по (по данным Katzenberg, Weber, 1999); состав просяной диеты по [по данным Murphy et al., 2013]. Изотопный состав мясной диеты рассчитан из состава травоядных животных эпохи Хунну (разработано автором).

В пищевой цепи жертва–хищник происходит изменение величины  $\delta^{15}\text{N}$  на 3–4‰ [Bocherens, 2003; Schoeninger, M., DeNiro, M., 1984]. При величине дельты азота на уровне 5.4 – 9.1‰ для домашних травоядных животных,  $\delta^{15}\text{N}$  у человека при мясомолочной диете будет составлять 8.4 – 13‰. При питании только рыбой, для которой в Байкальском регионе  $\delta^{15}\text{N}$  составляет 9.4 – 11.1‰ (язь, хариус сибирский, ленок острорылый) [Katzenberg, Weber, 1999] значения

$\delta^{15}\text{N}$  у человека должны составлять 13.4 – 15.1‰. При вегетарианском питании, исключительно просом с  $\delta^{15}\text{N}$  в пределах 3 – 4‰ [Murphy, 2013], человек будет характеризоваться  $\delta^{15}\text{N}$  6 – 8‰.

Относительно утяжеленный изотопный состав азота ( $\delta^{15}\text{N}$  11.7–13‰) в целом не противоречит диете хунну, состоящей из мяса, молочных продуктов, проса и рыбы (таблица 5.4; рисунок 5.4). Об употреблении рыбы в пищу свидетельствуют находки рыболовных снастей и костных останков пресноводных рыб, таких как таймень, ленок, хариус, лещ, щука, омуль и осетр в археологических комплексах хунну Западного Забайкалья [Давыдова, 1985; Крадин, 2005; Крадин и др., 2004]. Изотопные данные по человеческим останкам из хуннских могильников в долине р. Эгийн Гол (Монголия) подтверждают то, что пресноводная рыба была включена в основной рацион питания [Brosseder et al., 2011].

Таким образом, полученные нами данные говорят о том, что значения  $\delta^{15}\text{N}$  для населения хунну Забайкалья также отражают смешанный рацион питания, в котором, по-видимому, доминирующая роль принадлежала мясным, молочным продуктам и в меньшей злаковым. Анализ стабильных изотопов человеческих останков из Иволгинского могильника, а также с хуннских могильников Монголии, где фиксируется значительное содержание фосфора и микроэлементов по  $\delta^{13}\text{C}$ , указывает на большую роль рыболовства [Бросседер, Марсадолов, 2010; Brosseder et al., 2011] в хозяйстве хунну. Находки костей и чешуи рыб разных видов (таймень, ленок, хариус, лещ, щуки, омуль и осетр), на полу хозяйственных ям и жилищ на Иволгинском городище подтверждают этот тезис [Давыдова, 1995]. В пользу того, что рыба была частью диеты хунну, свидетельствует относительно утяжеленный изотопный состав азота в наших исследованиях [Kradin et al., 2021].

### 5.3.3. Соотношение ландшафтов и аридизация

В литературе для периода ранней субантлантики имеются немногочисленные оценки ландшафтно-климатических условий на территории

Монголии и Забайкалья [Базарова и др., 2008; Bazarova et al., 2015; Dugerdil et al., 2021a]. В настоящем разделе представлен сравнительный анализ изотопных данных для ископаемой фауны со значениями отношений изотопов углерода и азота у современных животных, населяющих различные ландшафтные зоны с характерной кормовой базой. В настоящем исследовании проведён сравнительный анализ изотопных данных ископаемой и современной фауны из различных ландшафтных зон Центральной Азии [Khubanova et al., 2023, Davie et al., 2014, Makarewicz, Tuross, 2006; Ananyevskaya et al., 2020].

На рисунке 5.3 отображены вариации изотопного состава углерода и азота современных животных, обитающих и/или имевших выпас в пустынных-полупустынных, степных и лесостепных-лесных ландшафтах. Домашние рогатые копытные животные Хуннского периода, в большинстве своем, по изотопному составу занимают промежуточное положение между современными животными степного и полупустынного выпаса. Интерпретация предполагает, что в прошлом подножный корм имел более утяжеленный изотопный состав углерода и азота, например, включал C3-растения, произрастающие в условиях засушливых и деградированных территорий, и/или в некотором количестве в него входили C4-растения сухостепных и полупустынных экосистем (змеевка растопыренная). Иными словами, для этих животных пастбищами служили более сухие степи, чем в настоящее время.

Обращает на себя внимание, что по изотопным характеристикам косули, олень и близкие им по составу лошади хуннского времени, занимают область между животными современной степи и лесостепи. Для данных диких животных предпочтительной средой обитания является лесостепь-лес, поэтому изотопный «сдвиг» можно объяснить тем, что они существовали на фоне сокращения леса и были вынуждены кормиться, в том числе, в степных ландшафтах.

Учитывая повсеместность изотопного «сдвига» для копытных травоядных животных хуннского времени, можно утверждать, что более сухие

условия имели нелокальный характер, а были распространены на территории всего Селенгинского среднегорья Западного Забайкалья. По-видимому, в ранний субатлантический период в южной и центральной части Западного Забайкалья закрытые и полузакрытые ландшафты имели подчиненное значение, а открытые ландшафты, наоборот, занимали более обширные площади, чем в настоящее время. Учитывая, что в геоморфологическом плане южная половина Западного Забайкалья представляет собой территорию с горными хребтами и межгорными впадинами, и здесь развита высотная поясность ландшафтов, то, скорее всего, в плоскодонных межгорных долинах доминировали сухие степи, собственно степи занимали предгорья, тогда как лесостепные и лесные (горно-таежные) растительные сообщества имели относительно ограниченную площадь. Очевидно, что подобное расширение открытых ландшафтов и сокращение лесостепных и лесных относительно современных ландшафтов возможно при продолжительной аридизации. В этот период лесные сообщества могли занимать только самую высокую часть рельефа, где количество осадков могло быть еще достаточным для кустарниковой и древесной растительности. О распространении сухой степи также свидетельствуют находки остатков дзеренов, газели и куланов [Давыдова, 1985; Коновалов, 1976], животных сухих степей и полупустынь.

Согласно палинологическим исследованиям торфяных отложений, вблизи озера Дулиха в Прибайкалье, находящегося западнее, и отделенного хребтом Хамар-Дабан, от Селенгинского среднегорья, отсутствуют признаки засушливости климата на этот момент времени [Bezrukova et al., 2005]. Однако имеются исследования, фиксирующие засушливый климат в ранний субатлантический период на территориях, прилегающих к Селенгинскому среднегорью с юга и востока. Согласно палинологическим характеристикам пойменных отложений в Юго-Восточном Забайкалье имело место усиление континентальности климата и аридности в начале субатлантики [Базарова и др., 2008; Bazarova et al., 2015]. Особенно интересные данные комплексных

исследований (литолого-стратиграфические, геохимические, изотопные, палинологические) получены для отложений озера Айраг в Хангайском нагорье Северной Монголии [Dugerdil et al., 2021б], которые позволили обосновать интервал аридизации климата в Северной Монголии 2500-1900 л. н. Именно на этот период времени приходится сокращение скотоводства, а также нестабильность хуннского общества [Zhang et al., 2021].

Следует отметить, что природная обособленность Забайкалья от остальной Сибири, в частности от Прибайкалья и Приангарья, прослеживается на протяжении практически всего позднего кайнозоя. В плейстоцене и голоцене территория Забайкалья характеризуется большей континентальностью климата и более широким представлением Центрально-Азиатских видов флоры и фауны [Базаров, 1968, Алексеева, 2005, Ербаева и др., 2019; Ryzhov et al., 2023; Golubtsov et al., 2024]. Таким образом, относительно утяжеленный изотопный состав углерода и азота у травоядных животных хуннского периода скорее всего обусловлен аридизацией климата в Монгольско-Забайкальской части Центральной Азии в течение раннего субатлантического времени и, в частности, расширением сухостепных экосистем в пределах Селенгинского среднегорья Западного Забайкалья.

#### 5.4. Резюме

На рубеже первого тысячелетия до н.э. во Внутренней Азии племенами хунну была образована первая кочевая империя. В пределах Селенгинского среднегорья Западного Забайкалья широко распространены археологические памятники хунну с возрастом между 552 г. до н.э. и 420 г. н.э. (2696 – 1530 л. н. от 1950 г.), что по климатостратиграфической шкале соответствует раннему этапу субатлантического периода голоцена.

На основании комплекса историко-письменных, археологических, зооархеологических и изотопных данных стратегия ведения хозяйства, в том



числе животноводства, у хуннов Западного Забайкалья заключалась в следующем:

1. Хуннское общество по своей структуре было сложное, в частности, в нем обособляется друг от друга кочевое и оседлое население.

2. Представители оседлого населения, жители стационарных поселений, занимались растениеводством и свиноводством. Соответственно, домашним свиньям скармливались продукты растениеводства и остатки собственного рациона. Поскольку диета хуннского населения была разнообразной и, помимо мясомолочной продукции и пресноводной рыбы, включала зерновые культуры, то оседлые земледельческие поселения играли важную роль в экономической структуре Хуннской кочевой империи.

3. У хуннов развивался охотничий промысел и рыболовство.

4. Особенности кочевого уклада у кочевников выражались в том, что:

а) овцы, козы и коровы имели выпас преимущественно в пределах низменных частей межгорных долин, представляющих преимущественно сухостепные ландшафты, возможно с пастбищной дигрессией вблизи поселений; б) тогда как лошади имели более широкий ареал выпаса, охватывающий настоящие степи и лесостепи. В частности, это подтверждается близостью изотопного состава лошадей к характеристике диких травоядных, предпочитающих лесостепные–лесные условия обитания.

Утяжеленный изотопный состав углерода и азота у травоядных животных из хуннских памятников относительно современной фауны Забайкалья скорее всего обусловлен аридизацией климата в Монгольско-Забайкальской части Центральной Азии в раннем субатлантическом периоде и, в частности, расширением сухостепных экосистем в пределах Селенгинского среднегорья Западного Забайкалья.

Таблица 5.1 – Таксономический состав и количество остеологического материала животных из археологических комплексов (II в. до н.э. – I в. н.э.) Западного Забайкалья

| Таксон                                           | Нижний Мангиртуй<br>Жилище № 1, 2015 г. | Гуджир-<br>Мыгэ, 2015 г. | Нур-Тухум<br>Могила №<br>24, 2016 г. | Нур-Тухуму<br>Жилище №1,<br>2016 г. | Ильмовая Падь<br>Погребение №<br>21, 2015 г. |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                                  | Общее количество костных остатков       |                          |                                      |                                     |                                              |
| <i>Homo sapiens</i> (человек)                    |                                         |                          | 3                                    |                                     |                                              |
| <i>Capreolus pygargus</i><br>(косуля)            | 10                                      |                          | 1                                    | 2                                   |                                              |
| <i>Spermophilus</i> sp.<br>(суслик)              |                                         |                          | 1                                    |                                     |                                              |
| <i>Cervus elaphus</i><br>(благородный олень)     | 1                                       |                          |                                      | 1                                   |                                              |
| <i>Marmota sibirica</i><br>(тарбаган)            |                                         |                          |                                      | 1                                   |                                              |
| <i>Ochotona</i> sp. (пищуха)                     |                                         |                          |                                      | 1                                   |                                              |
| <i>Canis familiaris</i><br>(домашняя собака)     | 5                                       | 7                        | 14                                   |                                     |                                              |
| <i>Equus caballus</i><br>(домашняя лошадь)       | 4                                       |                          | 2                                    | 11                                  | 22                                           |
| <i>Sus scrofa domestica</i><br>(свинья домашняя) | 4                                       |                          |                                      |                                     |                                              |
| <i>Bos taurus</i> (домашний<br>КРС)              | 8                                       | 20                       | 16                                   | 10                                  | 66                                           |
| <i>Ovis/Capra</i> (домашний<br>МРС)              | 20                                      | 13                       | 70                                   | 3                                   | 1                                            |
| Крупное копытное                                 |                                         |                          | 13                                   | 59                                  |                                              |
| Неопределимые                                    | 291                                     | 28                       | 6                                    | 32                                  | 13                                           |
| В т.ч. обожженные                                | 7                                       |                          | 80                                   | 2                                   |                                              |
| В т.ч. обработанные                              | 3                                       |                          | 2                                    | 4                                   |                                              |
| <b>Всего:</b>                                    | <b>343</b>                              | <b>68</b>                | <b>208</b>                           | <b>126</b>                          | <b>102</b>                                   |
| <i>Aves</i> (Птица)                              | 5                                       | 1                        |                                      |                                     |                                              |

**Таблица 5.2 – Морфометрические характеристики костного и зубного материала животных и человеческих индивидов из археологических комплексов хунну Западного Забайкалья (II в. до н.э. – I в. н. э.)**

| №№                                                   | Образец       | Род/Вид<br>млекопитающего,<br>материал                                                                  | Характеристика остеологического материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Моги́льник Ильмовая падь,<br/>Погребение № 57</b> |               |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1                                                    | IP 43-1999-17 | <i>Ovis aries,</i><br><i>предкоренной зуб</i><br><i>левой нижней</i><br><i>челюсти (P<sub>3</sub>)</i>  | <i>Длина жевательной поверхности зуба составляет 8 мм, ширина жевательной поверхности – 6 мм, высота коронки – 6 мм. Ребра и стили коронковой части зуба слабо выражены. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2                                                    | IP 44-1999-17 | <i>Ovis aries,</i><br><i>предкоренной зуб</i><br><i>правой нижней</i><br><i>челюсти (P<sub>3</sub>)</i> | <i>Высота фрагмента коронки составляет 8 мм, высота корневой части 12 мм. На внутренней стороне зуба находится неглубокая бороздка. С наружной стороны зуба незначительно выделяются две доли, имеющие округлую форму. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.</i>                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Погребение № 70</b>                               |               |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3                                                    | IP 16-2003-17 | <i>Equus caballus,</i> <i>левый</i><br><i>нижний</i><br><i>предкоренной зуб (P<sub>3</sub>)</i>         | <i>Зуб имеет хорошую сохранность. Длина жевательной поверхности 26 мм, ширина 21 мм. Длина одного из двух корней зуба составляет 31 мм, второго – 21 мм. Передняя петля жевательной поверхности имеет форму овала, средняя петля – удлиненную форму, разделяющая их выемка глубокая, широкая и закругленная на дне. Задняя петля и задняя долька имеют также удлиненные формы. Наружные стенки наружных лопастей посередине утолщены и слегка возвыты внутрь. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 1/1.</i> |
| 4                                                    | IP 17-2003-17 | <i>Equus caballus,</i><br><i>первая фаланга</i><br><i>(phalanx proximalis)</i>                          | <i>Фаланга имеет хорошую сохранность. Максимальная длина – 86 мм, длина по средней линии – 80 мм, ширина верхнего эпифиза – 55 мм, ширина нижнего эпифиза – 45 мм. Ширина диафиза – 32 мм, поперечник диафиза составляет 23 мм.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5                                                    | IP 18-2003-17 | <i>Bos taurus,</i> <i>правый</i><br><i>нижний</i><br><i>предкоренной зуб (P<sub>3</sub>)</i>            | <i>Зуб имеет хорошую сохранность. Длина жевательной поверхности – 21 мм, ширина – 9 мм. Длина одного из двух корней – 20 мм. Второй корень не сохранился. Тело жевательной поверхности имеет удлиненную форму. Эмалевых лунок на теле не наблюдается. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.</i>                                                                                                                                                                                                         |
| 6                                                    | IP 19-2003-17 | <i>Bos taurus,</i><br><i>фрагмент</i><br><i>нижнечелюстной</i><br><i>кости</i>                          | <i>Сохранились головка суставного отростка и венечный отросток. Длина венечного отростка от верхушки до вырезки нижнечелюстной кости составляет 56 мм, ширина венечного отростка по средней линии – 25 мм. Длина и ширина верхушки венечного отростка составляют 40 мм и 13 мм, соответственно. Длина суставного отростка от головки до вырезки – 27 мм, ширина и длина самой головки составляет 47 мм и 15 мм, соответственно.</i>                                                                                            |
| 7                                                    | IP 52-2003-17 | <i>Human,</i><br><i>надколенник (patella)</i>                                                           | <i>Левая коленная чашечка (patella) имеет среднюю сохранность. Верхушка надколенника обломана. Неполная длина (от основания надколенника до верхушки) составляет 36 мм, полная ширина – 37 мм. Толщина верхней части коленной чашечки – 20 мм, нижней части – 18 мм.</i>                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Погребение № 71</b>                               |               |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## Продолжение таблицы 5.2

| №№              | Образец           | Род/Вид<br>млекопитающего,<br>материал                                             | Характеристика остеологического материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8               | IP 20-2004-17     | <i>Ovis/Capra, правый<br/>предкоренной зуб<br/>верхней челюсти (P<sup>3</sup>)</i> | Зуб хорошей сохранности. Жевательная поверхность квадратной формы, внутри которой расположена эмалевая лунка (полулуние). Длина и ширина жевательной поверхности – 11 мм и 8 мм соответственно. Высота коронки составляет 21 мм. Зуб имеет три коротких корня (два наружных и один внутренний). Длина более длинного корня составляет 9 мм. Другие два корня имеют одинаковую длину, которая составляет 6,5 мм. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1. |
| 9               | IP 22-2004-17     | <i>Bos taurus,<br/>первая фаланга</i>                                              | Кость имеет хорошую сохранность. Длина первой фаланги составляет 51 мм. Ширина верхней суставной поверхности – 28 мм, поперечник – 31 мм; ширина нижней суставной поверхности – 26 мм, поперечник – 21 мм.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10              | IP 51-2004-17     | <i>Human,<br/>надколенник (patella)</i>                                            | Левая коленная чашечка имеет среднюю сохранность. С внешней стороны (шершавая поверхность) обломана левая боковая часть надколенника. Высота внешней поверхности составляет 41 мм. Ширина фасетки на внутренней стороне надколенника – 31 мм, длина – 40 мм. Длина верхушки (apex patellae) – 14 мм, толщина – 11 мм. Толщина верхней части фасетки составляет – 18 мм, нижней части – 18 мм.                                                                                |
| Погребение № 73 |                   |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 11              | IP 49-2005-17     | <i>Human,<br/>надколенник (patella)</i>                                            | Левый надколенник имеет хорошую сохранность. Высота внешней поверхности – 38 мм, ширина – 47 мм. Толщина верхнего края – 19 мм, нижнего края – 17 мм. Толщина вершины составляет – 8 мм, длина вершины (отростка) составляет – 10 мм. Высота внутренней гладкой поверхности составляет – 36 мм, ширина – 46 мм.                                                                                                                                                              |
| Погребение № 79 |                   |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 12              | IP 50-2007-17     | <i>Human,<br/>надколенник (patella)</i>                                            | Правый надколенник имеет хорошую сохранность. Высота внешней поверхности – 42 мм, ширина – 43 мм. Толщина верхнего края – 20 мм, нижнего края – 20 мм. Толщина вершины составляет – 13 мм, длина вершины (отростка) составляет – 16 мм. Высота внутренней гладкой поверхности составляет – 31 мм, ширина – 42 мм.                                                                                                                                                            |
| Погребение № 80 |                   |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 13              | IP 23-2015-17     | <i>Bos taurus, левый<br/>предкоренной зуб<br/>нижней челюсти (P<sub>3</sub>)</i>   | Зуб хорошей сохранности. На жевательной поверхности зуба четко выделены переднее, среднее и заднее крылья. Длина жевательной поверхности зуба составляет 21 мм, ширина ее – 12 мм, высота коронки зуба – 18 мм. Два корня расположены на одном уровне, и длина каждого из них составляет 22 мм. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.                                                                                                                 |
| 14              | IP 38(15)-2015-15 | <i>Bos taurus, левый<br/>верхний предкоренной<br/>зуб (P<sup>2</sup>)</i>          | Зуб хорошей сохранности. На жевательной поверхности добавочная эмаль представлена в виде двух точечных лунок. Длина жевательной поверхности зуба – 17 мм, ширина ее – 13 мм, высота коронки – 14 мм. Длина двух корней составляет 18 мм и 13 мм. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.                                                                                                                                                                |
| 15              | IP 39(15)-2015-15 | <i>Equus caballus,<br/>сесамовидная кость<br/>пупового сустава</i>                 | Кость хорошей сохранности. Длина основания – 27 мм, ширина – 20 мм. Высота кости от нижней части (основание) до вершины (гребень) – 20 мм.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Продолжение таблицы 5.2

| №№                                              | Образец       | Род/Вид<br>млекопитающего,<br>материал                                           | Характеристика остеологического материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16                                              | IP 53-2015-17 | <i>Human,<br/>надколенник (patella)</i>                                          | <i>Правая коленная чашечка хорошей сохранности. Размеры: толщина верхней части – 26 мм, нижней части – 22 мм, ширина коленной чашечки по внешней поверхности – 52 мм, высота коленной чашечки по внешней поверхности – 53 мм. На внутренней поверхности расположена фасетка диаметр которой – 52 мм, высота – 37 мм. Каемкой от фасетки отделена верхушка надколенника (отросток), длиной 20 мм.</i>                                                                                                                                                                                             |
| <b>Могильник Нур-Тухум,<br/>Погребение № 24</b> |               |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 17                                              | NT 24-2015-17 | <i>Bos taurus, левый<br/>предкоренной зуб (P<sub>3</sub>)<br/>нижней челюсти</i> | <i>Зуб имеет среднюю сохранность. Эмаль на поверхности зуба в нескольких местах разрушена. Среднее крыло, направленное вперед, сливается с передним крылом, образуя при этом переднюю лунку. Задняя долина открыта. Длина двух корней составляет 22 мм и 23 мм. Длина и ширина жевательной поверхности зуба составляет 17 мм и 12 мм, высота коронки 16 мм, Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.</i>                                                                                                                                                                     |
| 18                                              | NT 25-2015-17 | <i>Bos taurus,<br/>предкоренной зуб</i>                                          | <i>Левый предкоренной зуб (P<sub>3</sub>) нижней челюсти имеет хорошую сохранность. Тело зуба обращено выпуклой стороной наружу и от него отходит три крыла. Среднее крыло слилось с передним крылом, образовав переднюю лунку. Заднее крыло двойное. Два корня расположены на одном уровне, и длина каждого из них составляет 26 мм. Высота коронки зуба составляет 18 мм. Длина и ширина жевательной поверхности зуба составляет 22 мм и 14 мм, соответственно. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.</i>                                                               |
| 19                                              | NT 26-2015-17 | <i>Bos taurus,<br/>шейный позвонок</i>                                           | <i>Первый шейный позвонок (атлант) имеет среднюю сохранность. Крылья атланта по краям разрушены, разрушен дорсальный бугорок и потеря выступающая поверхность. Межпозвоночные отверстия имеют округлую форму. Крылья атланта плоские, массивные, горизонтальные. Отверстие позвонка имеет овальную форму, ширина которого составляет 36 мм, длина – 51 мм. Ширина отверстия позвонка в самом широком месте составляет 58 мм, длина – 50 мм.</i>                                                                                                                                                  |
| 20                                              | NT 27-2015-17 | <i>Ovis aries, левый<br/>предкоренной зуб (P<sub>3</sub>)<br/>нижней челюсти</i> | <i>Зуб имеет хорошую сохранность. Длина двух корней зуба составляет по 11 мм каждый. Длина и ширина жевательной поверхности составляет по 7 мм. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 21                                              | NT 28-2015-17 | <i>Ovis/Capra,<br/>первый шейный<br/>позвонок</i>                                | <i>Атлант средней сохранности. Крылья атланта потерты и на середине позвонка трещина. Бугорки с двух сторон потерты и разрушены. На крыльях позвонка имеются крыловидные и межпозвоночные отверстия. Латеральные края крыльев округлой формы. Каудальная вырезка дорсальной дуги глубокая. Отверстие в позвонке имеет округлую форму, длина и ширина которой по 25 мм. Суставные поверхности, высотой 25 мм и 23 мм для затылочных мыщелков, хорошей сохранности. На задней суставной поверхности сохранились отверстия для зубовидного отростка и поверхности для второго шейного позвонка.</i> |

Продолжение таблицы 5.2

| №№                                                | Образец       | Род/Вид<br>млекопитающего,<br>материал                                               | Характеристика остеологического материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22                                                | NT 29-2015-17 | <i>Capra hircus</i> , левый<br>предкоренной зуб<br>верхней челюсти (P <sup>3</sup> ) | Премоляр имеет среднюю сохранность. Эмаль зуба расколота на жевательной поверхности. Коронка зуба имеет трапецевидную форму. Внутренняя часть коронки сужена по сравнению с наружной (щечной) стороной. Стили зуба слабо выражены. Лунка расположена на уровне средней линии и имеет удлинённую форму (длина 4 мм). Длина и ширина жевательной поверхности по 8 мм. Высота коронки зуба 7 мм. Зуб имеет три корня, из них самый длинный 10 мм. Длина других двух корней по 5 мм каждый. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 23                                                | NT 54-2016-17 | <i>Human</i> ,<br>кубовидная кость<br>стопы                                          | Кость имеет хорошую сохранность. Анатомически она расположена снаружи от латеральной клиновидной кости, впереди пяточной кости и позади основания IV-V плюсневых костей. Верхняя поверхность кости шероховатая. Задняя поверхность имеет суставную поверхность седловидной формы для сочленения с пяточной костью. Передняя поверхность (длина 24 мм, ширина 17 мм) кубовидной кости имеет разделенную гребешком суставную поверхность для сочленения с IV-V плюсневыми костями.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Могильник Гуджир Мыгз,<br/>Погребение № 35</b> |               |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 24                                                | GM 30-2015-17 | <i>Bos taurus</i> ,<br>предкоренной зуб (P <sub>4</sub> )<br>левой нижней челюсти    | Зуб имеет хорошую сохранность. Длина жевательной поверхности составляет 24 мм, ширина – 12 мм. Два корня имеют длину 22 мм и 23 мм. Среднее крыло сливается с передним, образуя лунку. Открытое пространство остается между средним крылом и задним. Крылья имеют округлую форму. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 1/1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 25                                                | GM 31-2015-17 | <i>Canis familiaris</i> ,<br>фрагмент позвонка                                       | Высота фрагмента позвонка (тело) составляет 21 мм, ширина нижнего края – 25 мм.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 26                                                | GM 32-2015-17 | <i>Bos taurus</i> ,<br>первая фаланга                                                | Кость имеет хорошую сохранность. Высота фаланги составляет 51 мм. Ширина верхнего эпифиза (основание) 31 мм, ширина нижнего (головка) 30 мм. На проксимальном эпифизе находится разделенная надвое сагиттальным желобком суставная поверхность для сочленения с блоком пястной кости. Наружная часть суставной поверхности выше внутренней части. Хорошо ограничены небольшие суставные площадки для сесамовидных костей, находящиеся у задних краев обоих верхних участков. Задний край нижней суставной поверхности представляет собой тупой входящий угол с вершиной против разделяющей борозды. По обе стороны этого угла суставная поверхность широкими выступами (овальными) заходит далеко вверх, большей частью поднимаясь на одну высоту. Ширина верхней суставной поверхности – 28 мм, поперечник – 33 мм. Ширина нижней суставной поверхности – 27 мм, поперечник – 33 мм. |
| <b>Могильник Енхор,<br/>Погребение № 1</b>        |               |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## Продолжение таблицы 5.2

| №№              | Образец      | Род/Вид<br>млекопитающего,<br>материал                                                         | Характеристика остеологического материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27              | Е 42-1984-17 | <i>Ovis/Capra</i> ,<br>верхнечелюстной левый<br>коренной зуб ( $M^2$ )                         | Моляр имеет среднюю сохранность. У зуба обломана часть полулуния и имеется трещина, проходящая вдоль зуба. Три стили у зуба четко выражены. Между ними расположена чуть вогнутая сглаженная поверхность. Наружные зубчики двух полулуний жевательной поверхности возвышаются над внутренними. Цемент полностью отсутствует по всей длине зуба. У зуба три коротких корня с полостями, длина которых составляет от 2 до 4 мм. Высота коронки зуба – 42 мм. Длина и ширина жевательной поверхности составляют 23 мм и 12 мм, соответственно. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1. |
| Погребение № 19 |              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 28              | Е 41-1984-17 | <i>Ovis/Capra</i> ,<br>предкоренной зуб<br>молочной смены правой<br>верхней челюсти ( $Pd^3$ ) | Зуб хорошей сохранности, имеет три корня, длина самого длинного из которых составляет 8 мм. Высота коронки – 6 мм. Длина жевательной поверхности составляет 10 мм, ширина – 8 мм. Зуб имеет лунчатое строение, состоящее из двух долей. Внутренняя сторона зуба имеет две доли округлой формы, на наружной стороне имеется два ребра, стили не выражены. Передневнутренние зубчики, сплюсненные спереди назад, возвышаются над внутренней поверхностью зуба. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.                                                                               |
| Погребение № 52 |              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 29              | Е 48-1985-17 | <i>Human</i> ,<br>надколенник ( <i>patella</i> )                                               | Правый надколенник ( <i>patella</i> ) имеет хорошую сохранность, Надколенник имеет форму закругленного треугольника. Внешняя сторона шершавая. Внутренняя сторона (фасетка) гладкая и гребнем разделена на две части. Латеральная часть больше и чуть вогнута. Медиальная часть – покатая. Фасетка внутренней стороны имеет высоту и ширину 33 мм и 40 мм, соответственно. Длина верхушки (отростка) составляет 12 мм. Толщина надколенника в верхней части (основание) составляет 20 мм, в нижней части (верхушка) – 18 мм. Высота и ширина коленной чашечки по внешней стороне составляют по 42 мм.   |
| Погребение № 62 |              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 30              | Е 37-1985-17 | <i>Bos taurus</i> ,<br>фрагмент<br>предкоренного зуба ( $P_3$ )<br>нижней челюсти              | Длина коронки фрагмента составляет 7 мм. Длина одного корня зуба – 22 мм. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 31              | Е 39-1985-17 | <i>Ovis/Capra</i> ,<br>предкоренной зуб<br>верхней челюсти ( $P^3$ )                           | Зуб хорошей сохранности. Жевательная поверхность имеет форму трапеции, суженную к внутренней стороне зуба. На сглаженной наружной стороне имеется два зубчика, возвышающиеся над внутренней. У зуба имеется три корня разной длины (от 12 мм – до 8 мм). Высота коронки зуба составляет 10 мм. Жевательная поверхность имеет ширину 11 мм, длину – 9 мм. Визуальное соотношение эмали к дентину составляет около 2/1.                                                                                                                                                                                   |
| Погребение № 64 |              |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## Продолжение таблицы 5.2

| №№                                           | Образец      | Род/Вид<br>млекопитающего,<br>материал                      | Характеристика остеологического материала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 32                                           | Е 47-1987-17 | <i>Human,<br/>надколенник (patella)</i>                     | <i>Левый надколенник (patella) имеет среднюю сохранность. Основание чашечки округлой формы. Нижний край немного вытянут и образует вершушку надколенника. Передняя поверхность шершавая с полостями и бороздами. На задней поверхности кости фасетка и вершушка имеют небольшие разрушения. Высота передней поверхности составляет 39 мм, ширина – 40 мм. Толщина вершушки и основания надколенника составляет по 19 мм.</i>                                                                           |
| <b>Могилиник Баргай,<br/>Погребение № 31</b> |              |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 33                                           | В 55-2015-17 | <i>Human,<br/>надколенник (patella)</i>                     | <i>Надколенник (patella) имеет хорошую сохранность. Форма надколенника в виде треугольника с закругленными у основания углами и остроконечной вершушкой. Внешняя сторона кости выпуклая и шершавая. Внутренняя сторона гладкая и разделена гребнем на две неравные части. Латеральная часть больше, чем медиальная. Высота и ширина чашечки равна по 35 мм с внешней стороны. С внутренней стороны, высота и ширина надколенника составляют 25 мм и 35 мм, соответственно. Длина вершушки – 12 мм.</i> |
| <b>Поселение Нижний Мангиртуй</b>            |              |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 34                                           | NM 7-2015-17 | <i>Ovis/Capra,<br/>фрагмент бедренной<br/>кости</i>         | <i>Ширина дистального конца бедренной кости составляет 52 мм, длина – 42 мм. Ширина блока бедренной кости – 23 мм. На противоположенной стороне от блока бедренной кости расположены медиальный и латеральный мыщелки, ширина каждого из которых составляет 18 мм.</i>                                                                                                                                                                                                                                 |
| 35                                           | NM 8-2015-17 | <i>Ovis/Capra,<br/>грудной позвонок</i>                     | <i>Кость грудного позвонка имеет хорошую сохранность. Длина остистого отростка позвонка составляет – 63 мм. Передние суставные отростки имеют округлую форму. Позвоночные отверстия – подтреугольной формы. Головка позвонка – овальной формы, длинная сторона которой расположена параллельно отверстию. Ширина отверстия – 15 мм, длина 19 мм. Ширина позвонка – 54 мм, длина позвонка с остистым отростком – 97 мм.</i>                                                                             |
| 36                                           | NM 9-2015-17 | <i>Capreolus pygargus,<br/>фрагмент бедренной<br/>кости</i> | <i>Дистальный эпифиз бедренной кости обломан возле надмыщелковой (плантарной) ямки. Ширина суставной поверхности – 41 мм, длина – 48 мм. Ширина и длина медиального мыщелка составляют – 16 мм и 27 мм, соответственно; ширина и длина латерального мыщелка составляет – 15 мм и 26 мм, соответственно. Ширина блока – 21 мм.</i>                                                                                                                                                                      |
| 37                                           | NM-29-22     | <i>Sus scrofa domestica,<br/>челюстная кость</i>            | <i>Фрагмент нижней челюстной кости имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 38                                           | NM-30-22     | <i>Ovis/Capra, челюстная<br/>кость</i>                      | <i>Фрагмент нижней челюстной кости имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 39                                           | NM-31-22     | <i>Ovis/Capra, челюстная<br/>кость</i>                      | <i>Фрагмент нижней челюстной кости имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 40                                           | NM-32-22     | <i>Bos taurus, центрально-<br/>кубовидная кость</i>         | <i>Центрально-кубовидная кость заплюсны хорошей сохранности. Ширина кости – 54 мм, ширина проксимальной суставной поверхности – 45 мм, ширина дистальной суставной поверхности – 47 мм, поперечник кости – 50 мм.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 41                                           | NM-33-22     | <i>Ovis/Capra, диафиз<br/>трубчатой кости</i>               | <i>Фрагмент диафиза трубчатой кости имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



Продолжение таблицы 5.2

| №№ | Образец  | Род/Вид<br>млекопитающего,<br>материал                       | Характеристика остеологического материала                                                                                                                                                                                                                          |
|----|----------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 42 | NM-34-22 | <i>Sus scrofa domestica</i> ,<br>венечная кость              | Венечная кость (средняя фаланга) имеет хорошую сохранность. Высота фаланги составляет 35 мм. Ширина верхнего эпифиза – 24 мм, ширина нижней суставной поверхности – 25 мм. Ширина диафиза составляет 20 мм.                                                        |
| 43 | NM-35-22 | <i>Cervus elaphus</i> , первая<br>фаланга                    | Первая фаланга пальца хорошей сохранности. Общая длина кости 55 мм. Ширина верхнего эпифиза (край немного обломан) – 20,0 мм, поперечник верхнего эпифиза – 23 мм; ширина нижнего эпифиза – 19 мм, поперечник нижнего эпифиза – 18 мм; поперечник диафиза – 18 мм. |
| 44 | NM-36-22 | <i>Capreolus pygargus</i> ,<br>фрагмент лопаточной<br>кости  | Фрагмент лопаточной кости имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава. Ширина шейки лопаточной кости составляет 21,0 мм, ширина суставной впадины – 26,0 мм, поперечник суставной впадины – 30,0 мм.                                                  |
| 45 | NM-37-22 | <i>Equus caballus</i> ,<br>пяточная кость                    | Пяточная кость хорошей сохранности для анализа изотопного состава. Максимальная длина составляет 87,0 мм, максимальная ширина суставной части – 50,1 мм.                                                                                                           |
| 46 | NM-38-22 | <i>Equus caballus</i> ,<br>фрагмент<br>большеберцовой кости  | Фрагмент эпифиза большеберцовой кости имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава                                                                                                                                                                     |
| 47 | NM-39-22 | <i>Bos taurus</i> , фрагмент<br>позвонка                     | Фрагмент позвонка имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава                                                                                                                                                                                         |
| 48 | NM-40-22 | <i>Equus caballus</i> ,<br>фрагмент челюстной<br>кости       | Фрагмент нижней челюстной кости имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава                                                                                                                                                                           |
| 49 | NM-41-22 | <i>Sus scrofa domestica</i> ,<br>фрагмент трубчатой<br>кости | Фрагмент трубчатой кости имеет хорошую сохранность для анализа изотопного состава                                                                                                                                                                                  |
| 50 | NM-42-22 | <i>Canis familiaris</i> ,<br>плюсневая кость                 | Максимальная длина кости 76 мм. Ширина верхнего эпифиза составляет 9,0 мм, длина верхнего эпифиза – 13 мм, ширина нижнего эпифиза – 9,0 мм, длина нижнего эпифиза – 8,0 мм.                                                                                        |

Таблица 5.3 – Материал и изотопный состав костного и зубного материала животных из археологических комплексов (II в до н.э. – I в н. э.) Западного Забайкалья

| №                              | № образца      | Вид                     | Образец                         | $\delta^{13}\text{C},\text{‰}$ | $\delta^{15}\text{N},\text{‰}$ | C, % | N, % | Выход коллагена (%)* | C/N <sub>ат</sub> ** |
|--------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|----------------------|----------------------|
| Ильмовая падь, Погребение № 57 |                |                         |                                 |                                |                                |      |      |                      |                      |
| 1                              | IP 43-1999-17  | <i>Ovis aries</i>       | Предкоренной, P <sub>3</sub>    | -18.7                          | 9.0                            | 45.0 | 17.4 | 3.3                  | 3.0                  |
| 2                              | IP 44-1999-17  | <i>Ovis aries</i>       | Предкоренной, P <sub>3</sub>    | -19.0                          | 9.1                            | 30.9 | 12.1 | 8.3                  | 3.0                  |
| Погребение № 70                |                |                         |                                 |                                |                                |      |      |                      |                      |
| 3                              | IP 16-2003-17* | <i>Equus caballus</i>   | Предкоренной, P <sub>3</sub>    | -20.5                          | 5.6                            | 19.1 | 6.7  | 0.5                  | 3.3                  |
| 4                              | IP 17-2003-17* | <i>Equus caballus</i>   | Первая фаланга                  | -20.1                          | 5.4                            | 47.9 | 18.6 | 6.8                  | 3.0                  |
| 5                              | IP 18-2003-17* | <i>Bos taurus</i>       | Предкоренной, P <sub>3</sub>    | -18.2                          | 8.1                            | 23.4 | 9.3  | 0.7                  | 2.9                  |
| 6                              | IP 19-2003-17* | <i>Bos taurus</i>       | Нижнечелюстная кость            | -18.3                          | 7.5                            | 34.6 | 12.7 | 2.8                  | 3.2                  |
| Погребение № 71                |                |                         |                                 |                                |                                |      |      |                      |                      |
| 7                              | IP 20-2004-17  | <i>Ovis/Capra</i>       | Предкоренной, P <sup>3</sup>    | -18.7                          | 8.9                            | 35.5 | 13.9 | 6.6                  | 3.0                  |
| 8                              | IP 22-2004-17  | <i>Bos taurus</i>       | Первая фаланга                  | -19.5                          | 5.7                            | 33.0 | 12.9 | 12                   | 3.0                  |
| Погребение № 80                |                |                         |                                 |                                |                                |      |      |                      |                      |
| 9                              | IP 23-2015-17  | <i>Bos taurus</i>       | Предкоренной, P <sub>3</sub>    | -18.7                          | 7.4                            | 39.1 | 15.3 | 3.6                  | 3.0                  |
| 10                             | 38(15)-2015-15 | <i>Bos taurus</i>       | Предкоренной, P <sup>3</sup>    | -18.7                          | 7.4                            | 42.5 | 16.8 | 8.6                  | 3.0                  |
| 11                             | 39(15)-2015-15 | <i>Equus caballus</i>   | Сесамовидная кость              | -20.9                          | 5.5                            | 42.9 | 16.4 | 15                   | 3.1                  |
| Нур-Тухум, Погребение № 24     |                |                         |                                 |                                |                                |      |      |                      |                      |
| 12                             | NT 24-2015-17  | <i>Bos taurus</i>       | Предкоренной, P <sub>3</sub>    | -18.8                          | 7.2                            | 31.7 | 12.3 | 2.5                  | 3.0                  |
| 13                             | NT 25-2015-17  | <i>Bos taurus</i>       | Предкоренной, P <sub>3</sub>    | -19.1                          | 6.9                            | 56.5 | 21.9 | 5.2                  | 3.0                  |
| 14                             | NT 26-2015-17  | <i>Bos taurus</i>       | Шейный позвоночник              | -18.4                          | 7.3                            | 50.9 | 20.8 | 4.2                  | 2.9                  |
| 15                             | NT 27-2015-17* | <i>Ovis aries</i>       | Предкоренной, P <sub>3</sub>    | -19.4                          | 8.4                            | 51.3 | 20.3 | 3.6                  | 3.0                  |
| 16                             | NT 28-2015-17* | <i>Ovis/Capra</i>       | Шейный позвоночник              | -18.6                          | 9.1                            | 45.5 | 18.6 | 4.1                  | 2.9                  |
| 17                             | NT 29-2015-17  | <i>Capra hircus</i>     | Предкоренной, P <sup>3</sup>    | -18.3                          | 9.0                            | 51.7 | 20.4 | 17.1                 | 3.0                  |
| Гуджир-Мыгэ, Погребение № 35   |                |                         |                                 |                                |                                |      |      |                      |                      |
| 18                             | GM 30-2015-17  | <i>Bos taurus</i>       | Предкоренной, (P <sub>4</sub> ) | -18.5                          | 7.7                            | 25.3 | 9.3  | 0.6                  | 3.2                  |
| 19                             | GM 31-2015-17  | <i>Canis familiaris</i> | Позвоночник                     | -18.3                          | 8.6                            | 44.1 | 17.7 | 7.8                  | 2.9                  |
| 20                             | GM 32-2015-17  | <i>Bos taurus</i>       | Первая фаланга                  | -18.8                          | 7.0                            | 51.2 | 20.2 | 14.8                 | 3.0                  |
| Енхор, Погребение № 1          |                |                         |                                 |                                |                                |      |      |                      |                      |

Продолжение таблицы 5.3

| №                | № образца    | Вид                               | Образец                       | $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$ | $\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$ | C, % | N, % | Выход коллагена (%)* | C/N <sub>ат</sub> ** |
|------------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|------|----------------------|----------------------|
| 21               | Е 42-1984-17 | <i>Ovis/Capra</i>                 | Кореной зуб, М <sup>2</sup>   | -19.5                           | 8.0                             | 29.3 | 10.8 | 1.3                  | 3.2                  |
| Погребение № 19  |              |                                   |                               |                                 |                                 |      |      |                      |                      |
| 22               | Е 41-1984-17 | <i>Ovis/Capra</i>                 | Молочный премоляр, Рd3        | -19.0                           | 8.5                             | 35.6 | 14.0 | 1.5                  | 3.0                  |
| Погребение № 62  |              |                                   |                               |                                 |                                 |      |      |                      |                      |
| 23               | Е 37-1985-17 | <i>Bos taurus</i>                 | Предкоренной, Р <sub>3</sub>  | -19.6                           | 8.1                             | 40.2 | 15.8 | 2.3                  | 3.0                  |
| 24               | Е 39-1985-17 | <i>Ovis/Capra</i>                 | Предкоренной, Р <sup>3</sup>  | -18.8                           | 7.9                             | 45.0 | 17.7 | 4.3                  | 3.0                  |
| Нижний Мангиртуй |              |                                   |                               |                                 |                                 |      |      |                      |                      |
| 25               | NM 7-2015-17 | <i>Ovis/Capra</i>                 | Нижний эпифиз бедренной кости | -18.3                           | 7.4                             | 48.5 | 17.5 | 22.1                 | 3.3                  |
| 26               | NM 8-2015-17 | <i>Ovis/Capra</i>                 | Грудной позвонок              | -20.0                           | 5.8                             | 34.7 | 14.1 | 16                   | 2.9                  |
| 27               | NM 9-2015-17 | <i>Capreolus pygargus</i>         | Нижний эпифиз бедренной кости | -20.1                           | 5.7                             | 22.4 | 8.8  | 9.8                  | 3.0                  |
| 28               | NM-29-22     | <i>Sus scrofa domestica</i>       | Фрагмент челюстной кости      | -16.5                           | 7.6                             | 38.0 | 15.4 | 6.5                  | 3.0                  |
| 29               | NM-30-22     | <i>Ovis/Capra</i>                 | Фрагмент челюстной кости      | -19.0                           | 7.1                             | 37.7 | 15.3 | 6,6                  | 3.0                  |
| 30               | NM-31-22     | <i>Ovis/Capra</i>                 | Фрагмент челюстной кости      | -19.1                           | 6.9                             | 38.2 | 15.4 | 10.1                 | 3,0                  |
| 31               | NM-32-22     | <i>Bos taurus</i>                 | Центральнокубовидная кость    | -19.2                           | 8.5                             | 41.5 | 14.6 | 5.5                  | 3.4                  |
| 32               | NM-33-22     | <i>Ovis/Capra</i>                 | Диафиз трубчатой кости        | -20.6                           | 8.1                             | 40.4 | 14.2 | 2.9                  | 3.4                  |
| 33               | NM-34-22     | <i>Sus scrofa domestica</i>       | Венечная кость                | -16.4                           | 8.4                             | 36.0 | 12.9 | 10.6                 | 3.3                  |
| 34               | NM-35-22     | <i>Cervus elaphus xanthopygus</i> | Первая фаланга                | -21.1                           | 5.2                             | 38.0 | 13.3 | 8.5                  | 3.4                  |
| 35               | NM-36-22     | <i>Capreolus pygargus</i>         | Лопатка                       | -22.0                           | 4.2                             | 26.1 | 9.1  | 4.5                  | 3.4                  |
| 36               | NM-37-22     | <i>Equus caballus</i>             | Пяточная кость                | -20.2                           | 8.0                             | 36.9 | 12.8 | 3.9                  | 3.4                  |
| 37               | NM-38-22     | <i>Equus caballus</i>             | Большеберцовая кость          | -21.2                           | 5.0                             | 40.0 | 13.9 | 2.6                  | 3.4                  |
| 38               | NM-39-22     | <i>Bos taurus</i>                 | Фрагмент позвонка             | -20.2                           | 6.5                             | 28.0 | 9.8  | 2.6                  | 3.4                  |
| 39               | NM-40-22     | <i>Equus caballus</i>             | Челюстная кость               | -21.8                           | 5.2                             | 34.2 | 12.0 | 1.3                  | 3.4                  |
| 40               | NM-41-22     | <i>Sus scrofa domestica</i>       | Трубчатая кость               | -13.0                           | 8.3                             | 41.0 | 14.4 | 3.4                  | 3.4                  |
| 41               | NM-42-22     | <i>Canis familiaris</i>           | Кость стопы                   | -12.3                           | 8.8                             | 39.0 | 15.4 | 8.5                  | 3.0                  |

\* Выход коллагена рассчитывают, как относительную долю коллагена в процентах от веса исходного образца кости.

\*\* C/N<sub>ат</sub> = (%C / %N) x (14/12), атомное соотношение.

Таблица 5.4 – Материал и изотопный состав костного материала  
человеческих индивидов из археологических комплексов (II в до н.э. – I в н.  
э.) Западного Забайкалья

| №                                         | № Пробы           | Вид   | Образец                    | $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$ | $\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$ | C, % | N, % | Выход (%)* | C/N <sub>ат</sub> ** |
|-------------------------------------------|-------------------|-------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|------|------------|----------------------|
| <b>Ильмовая падь,<br/>Погребение № 70</b> |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 1                                         | IP 52-<br>2003-17 | Human | Надколенник                | -14.8                           | 12.4                            | 29.7 | 10.7 | 3.3        | 3.2                  |
| <b>Погребение № 71</b>                    |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 2                                         | IP 51-<br>2004-17 | Human | Надколенник                | -14.3                           | 12.8                            | 42.8 | 15.5 | 4.5        | 3.2                  |
| <b>Погребение № 73</b>                    |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 3                                         | IP 49-<br>2005-17 | Human | Надколенник                | -15.8                           | 12.5                            | 39.3 | 15.2 | 2.4        | 3.0                  |
| <b>Погребение № 79</b>                    |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 4                                         | IP 50-<br>2007-17 | Human | Надколенник                | -13.1                           | 13.0                            | 39.4 | 14.4 | 4.4        | 3.2                  |
| <b>Погребение № 80</b>                    |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 5                                         | IP 53-<br>2015-17 | Human | Надколенник                | -15.2                           | 12.5                            | 15.6 | 5.3  | 1.5        | 3.5                  |
| <b>Нур-Тухум,<br/>Погребение № 24</b>     |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 6                                         | NT 54-<br>2016-17 | Human | Кость нижней<br>конечности | -14.1                           | 12.0                            | 43.3 | 17.6 | 6.8        | 2.9                  |
| <b>Енхор,<br/>Погребение № 52</b>         |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 7                                         | E 48-<br>1985-17  | Human | Надколенник                | -15.0                           | 12.3                            | 29.1 | 10.9 | 1.6        | 3.1                  |
| <b>Погребение № 64</b>                    |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 8                                         | E 47-<br>1987-17  | Human | Надколенник                | -14.2                           | 12.2                            | 29.5 | 10.7 | 1          | 3.2                  |
| <b>Баргай,<br/>Погребение № 31</b>        |                   |       |                            |                                 |                                 |      |      |            |                      |
| 9                                         | B 55-<br>2015-17  | Human | Надколенник                | -13.4                           | 11.7                            | 45.0 | 17.5 | 11.6       | 3.0                  |

\* Выход коллагена рассчитывают, как относительную долю коллагена в процентах от веса исходного образца кости.

\*\* C/N<sub>ат</sub> = (%C / %N) x (14/12), атомное соотношение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монголо-Забайкальский регион Центральной Азии характеризуется широким разнообразием внутриконтинентальных экосистем — от пустынь и полупустынь через степи до тайги и горной тундры. В работе исследуется влияние этих экосистем на изотопный состав углерода и азота в костных и зубных тканях животных. Самые высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$  наблюдаются у травоядных животных из пустынь и полупустынь (Гоби), что свидетельствует о потреблении ими растений с  $\text{C4}$ -фотосинтезом (например, *Cleistogenes squarrosa*, *Eragrostis minor* и др.). Самые низкие значения  $\delta^{13}\text{C}$  характерны для животных из лесостепей и лесов, где в рационе преобладают растения с  $\text{C3}$ -фотосинтезом. Животные степей показывают промежуточные значения  $\delta^{13}\text{C}$ . Разница в изотопном составе азота менее выражена, чем в случае углерода. Однако исследования показывают, что изотопный состав азота легче у лошадей, живущих в лесных и лесостепных районах (от 3.6‰ до 7.1‰), чем у тех, что обитают в пустынях и полупустынях (от 5.5‰ до 8.3‰). Высокие значения  $\delta^{15}\text{N}$  могут быть связаны с засушливыми условиями, дефицитом воды и пищи, а также с деградацией пастбищ. Таким образом изотопный анализ костных и зубных тканей современных травоядных, обитающих в разных условиях, показал четкую зональность изотопного состава углерода, отражающую типы растительной пищи в различных экосистемах, но менее выраженную зональность по азоту. На основе принципа актуализма эти данные могут быть использованы для палеоэкологических реконструкций экосистем прошлого.

В позднеплейстоценовых отложениях Забайкалья среди остатков ископаемой мегафауны количественно преобладают находки костей шерстистого носорога, лошади, горного барана, а избирательно на археологических стоянках — также дзерена, тогда как костные остатки мамонтов встречаются редко. Подобная особенность вероятно обусловлена

эколого-ландшафтными и климатическими условиями Забайкалья в позднем плейстоцене, которые отличались от остальной части Сибири и возможно были более благоприятны для существования этих животных. В частности, об этом свидетельствуют относительно более крупные размеры костей конечностей шерстистых носорогов *Coelodonta antiquitatis* из Забайкалья. Согласно изотопному составу углерода предполагается, что в пределах впадин Западного Забайкалья шерстистые носороги питались растительностью с СЗ типом фотосинтеза настоящей степи. При этом, возможно, относительно облегчённый изотопный состав азота ( $\delta^{15}\text{N}$ ) для шерстистых носорогов обусловлены тем, что они не испытывали дефицита пищи и воды. Вероятно, их выпас происходил в низинных частях межгорных впадин, где имелся пресноводный водоем с достаточным количеством кормовых запасов на прилегающих открытых склонах со степной растительностью.

Также исследован видовой состав и изотопные характеристики костных и зубных тканей из зооархеологических коллекций из памятников хунну (ранний железный век) Западного Забайкалья. Наличие костей мелкорогатого и крупнорогатого скота, а также лошадей среди сакрально-погребальной утвари указывает на высокую долю кочевого уклада в жизнедеятельности хунну. При этом остатки домашних свиней, диких животных и рыб свидетельствует об элементах оседлости, охотничьего промысла и рыболовства. Различия в изотопном составе углерода и азота костей и зубов между мелкорогатым и крупнорогатым скотом с одной стороны и лошадьми – с другой, предполагают дифференциацию условий их разведения. Рогатый скот имел выпас в сухостепных условиях, тогда как ареал пастбищ лошадей охватывал степные и лесостепные/лесные ландшафты. Повышенные значения  $\delta^{13}\text{C}$  в останках представителей хунну (ранних кочевников) свидетельствуют о присутствии в их диете растений С4-типа (вероятно, просо), что подтверждает предположения о наличии земледелия в их жизнедеятельности. Близкий изотопный состав также обнаружен у домашних свиней и собак, что указывает на то, что основу

их питания составляли пищевые остатки с человеческого стола и продукты растениеводства. На основе сопоставления значений изотопных соотношений углерода и азота в костях и зубах ископаемых копытных животных и современных экосистем сделан вывод, что в эпоху Хунну в межгорных впадинах южной части Западного Забайкалья преобладали сухие степи, а открытые ландшафты были распространены несколько шире, чем в настоящее время. Памятники эпохи Хунну Западного Забайкалья (IV век до н.э – I век н.э.) относятся к периоду упадка Хуннской кочевой империи и соответствуют времени климатического сдвига в Северной Монголии и Забайкалье в сторону аридности, который произошел в начале субатлантического периода (2500 – 1900 л. н.)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Э.В. Млекопитающие плейстоцена юго-востока Западной Сибири (хищные, хоботные, копытные) / Э.В. Алексеева – М.: Наука, 1980. – 154 с.
2. Алексеева Л.И. Териофауна верхнего плейстоцена Восточной Европы (крупные млекопитающие) / Л. И. Алексеева – М.: Наука, 1990. – 109 с.
3. Алексеева Н.В. Эволюция природной среды Западного Забайкалья в позднем кайнозое (по данным фауны мелких млекопитающих) / Н.В. Алексеева; под ред. А. В. Додонова. – Москва: Изд-во ГЕОС, 2005. – 141 с.
4. Амартувшин Ч. О крепости с защитным земляным валом, именуемым МангасынХурээ / Ч. Амартувшин, Ж. Гантулга, Д. Гарамжав // Древние культуры Монголии и Байкальской Сибири: материалы международной научной конференции. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2010. – С. 181-183.
5. Арсланов Х.А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология / Х.А. Арсланов – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1987. – 300 с.
6. Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область) – М.- Иркутск: ГУГК при Совете Министров СССР, 1967. – 176 с.
7. Базаров Д.-Д.Б. Четвертичные отложения и основные этапы развития рельефа Селенгинского среднегорья / Д.-Д.Б. Базаров – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1968. – 164 с.
8. Базарова В.Б. Климатические изменения и обстановки осадконакопления в среднем-позднем голоцене в Юго-Восточном Забайкалье / В.Б. Базарова, Л.М. Мохова, М.А. Климин, Л.А. Орлова, К.Ю. Базаров // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49. – № 12. – С. 1294-303.
9. Боескоров Г.Г. Некоторые морфологические и экологические особенности ископаемого шерстистого носорога *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach 1799) / Г.Г. Боескоров // Зоологический журнал. – 2012. – Т. 91. – № 2. – С. 219-235.



10. Бойков Т.Г. Степи Забайкалья: Продуктивность, кормовая ценность, рациональное использование и охрана / Т.Г. Бойков, Ю.Д. Харитонов, Ю.А. Рупышев – Улан-Удэ: Издательство БНЦ СО РАН, 2002. – 228 с.
11. Болданов Т.А. Экологическая адаптация сельскохозяйственного землепользования в условиях изменения климата в Республике Бурятия / Т. А. Болданов, Г.Д. Мухин // Аридные экосистемы. – 2019. – Т. 25 – № 1(78). – С. 10-19. DOI: 10.24411/1993-3916-2019-00040
12. Борисов Б.А. О дальнейшем усовершенствовании общей шкалы квартера для детализации карт четвертичных отложений, входящих в комплексы госгеолкарты РФ / Б.А. Борисов // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и проблемы обустройства: Сб. ст. – М.: ГИН РАН, 2013. – С. 365-375.
13. Бросседер У. Новые радиоуглеродные даты для Иволгинского археологического комплекса объектов в Забайкалье (предварительные результаты) / У. Бросседер, Л.С. Марсадолов // Древние культуры Монголии и Байкальской Сибири: материалы международной научной конференции. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2010. С. 183-186
14. Будаев Р.Ц., Коломиец В.Л. Осадочные толщи Гусиноозерско-Удинской ветви межгорных впадин Западного Забайкалья в неоплейстоцене (литология, генезис и палеогеография) / Р.Ц. Будаев, В.Л. Коломиец // Отечественная геология. – 2013. – № 3. – С. 47–54.
15. Буянтуева Л.Б., Дамбаев В.Б., Дамдинсурэн Б., Намсараев Б.Б. Изотопный состав углерода почвенных и растительных образцов степных пастбищ Центральной Азии / Л.Б. Буянтуева, В.Б. Дамбаев, Б. Дамдинсурэн, Б.Б. Намсараев // Вестник Бурятского государственного университета. – 2012. – Вып. 3. – С. 94-98
16. Бязров Л.Г. Стабильные изотопы азота ( $\delta^{15}\text{N}$ ) в подстилках лишайника *Cladonia pocillum* из Хангайского нагорья (Монголия) / Л.Г. Бязров //

Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2012. – Т. 117. – Вып. 5 – С. 51-56.

17. Вангенгейм Э.А. Новые находки остатков млекопитающих в Забайкалье / Э.А. Вангенгейм, В.В. Пятаков, В.К. Шевченко // Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья. – Чита: Издательство Забайкальского филиала географического общества СССР, 1969 – Вып. 6(4). – С. 87–92.

18. Вангенгейм Э.А. Палеонтологическое обоснование стратиграфии антропогена Северной Азии (по млекопитающим) / Э.А. Вангенгейм. – М.: Наука, 1977. – 171 с.

19. Ватерс-Рист А.Л. Первые данные по анализам стабильных изотопов скотоводов позднего голоцена Прибайкалья и их радиоуглеродное датирование / А.Л. Ватерс-Рист, Р. Дж. Лозей, Т.Ю. Номоконова, Г.В. Туркин, О.И. Горюнова // Известия Иркутского государственного университета. Серия Геоархеология. Этнология. Антропология. – 2016. – Т. 18. – С. 90–109.

20. Верещагин Н.К. Остатки млекопитающих эпохи мамонта полуострова Таймыр / Н.К. Верещагин // Бюллетень МОИП. Отдел биологический – 1959. – Т. 64. – Вып. 5. – С. 5–16.

21. Галимов Э. М. Геохимия стабильных изотопов углерода. / Э. М. Галимов – М.: Издательство «Недра», 1968. – 226 с.

22. Галимов Э. М. Природа биологического фракционирования изотопов. / Э. М. Галимов – М.: Наука, 1981. – 247 с.

23. Гарутт В.Е. Новые данные о пище шерстистого носорога в Сибири / В.Е. Гарутт, Е.П. Метельцева, Б.А. Тихомиров // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. – Гидрометеиздат, Ленинград, 1970. – С. 113-125.

24. Гарутт Н.В. К истории изучения шерстистого носорога *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1799) / Н.В. Гарутт // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. – М.: Геос, 2001. – С. 22-33.

25. Гарутт Н.В. Шерстистые носороги: к истории рода / Н.В. Гарутт, Г.Г. Боескарров // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. М.: Геос, 2001. С. 157-167
26. Гарутт Н.В. Шерстистый носорог (морфология, систематика, геологическое значение). Диссертация на соискание ученой степени канд. геол.-минер. наук. – СПб., 1998. – 247 с.
27. Голованов Д.Л. Природные и антропогенные процессы деградации почвенного покрова пустынных степей Монголии (на примере сомона Булган) / Д.Л. Голованов, Т.И. Казанцева, И.А. Ямнова // Аридные экосистемы. – 2004. — Т.10. — № 24-25 – С 162-171
28. Голубцов В. А. Состав стабильных изотопов углерода органического вещества позднелейстоценовых и голоценовых почв Байкальского региона / В. А. Голубцов // Почвоведение. – 2020. – № 6. – С. 673-690. doi: 10.31857/S0032180X20060040
29. Гончиков Г. Г. Стабильные изотопы углерода в профиле соровых солончаков Забайкалья / Г. Г. Гончиков, Б. Б. Намсараев, А. М. Зякун, В. Б. Дамбаев // Сибирский экологический журнал. – 2007. – Вып. 3. – С. 375-380
30. Горлова Е. Н. История трофического взаимодействия двух бентософагов: тихоокеанского моржа и лахтака (Carnivora, Mammalia) / Е. Н. Горлова // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 4. – С. 470 – 479
31. Горлова Е.Н. Изотопный анализ как метод таксономической идентификации археозоологического материала / Е.Н. Горлова, О.А. Крылович, А.В. Тиунов, Б.Ф. Хасанов, Д.Д. Васюков, А.Б. Савинецкий // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2015. – Т. 43. – № 1. – С. 110–12
32. 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.

33. Громова В.И. История лошадей (рода *Equus*) в Старом Свете / В.И. Громова – М.; Л.: АН СССР, 1949а. – 374 с. (Тр. Зоол. ин-та; Т. 17, вып. 1).
34. Громова В.И. История лошадей (рода *Equus*) в Старом Свете / В.И. Громова – М.; Л.: АН СССР, 1949б. – 163 с. (Тр. Зоол. ин-та; Т. 17, вып. 2)
35. Громова В.И. Определитель млекопитающих СССР по костям скелета / В.И. Громова // Труды комиссии по изучению четвертичного периода. – Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – Т.9. – Вып. 1. – 239 с.
36. Громова В.И. Определитель млекопитающих СССР по костям скелета. Выпуск 2. Определитель по крупным костям заплюсны / В.И. Громова // Тр. комиссии по изучению четвертичного периода: Акад. наук СССР. – М., 1960. – Т. 16. – 118 с
37. Громова В.И. Osteологические отличия родов *Capra* (козлы) и *Ovis* (бараны). Руководство для определения ископаемых остатков / Громова В.И.// Труды комиссии по изучению четвертичного периода. – Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 10. – Вып. 1. – 124 с.
38. Давыдова А.В., Шилов В.П. К вопросу о земледелии у гуннов / А.В. Давыдова // Вестник древней истории. – 1993 – №2. – С. 193-201.
39. Давыдова А.В. Иволгинский комплекс (городище и могильник)—памятник хунну в Забайкалье / А.В. Давыдова А.В. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. – 111 с.
40. Давыдова А.В. Иволгинский археологический комплекс. Том 1: Иволгинское городище / А.В. Давыдова А.В. // Археологические памятники сюнну. – СПб: Фонд «Азиатика», 1995. – Вып. 1. – 97 с.
41. Давыдова А.В., Миняев С.С. Комплекс археологических памятников у села Дурёны. / А.В. Давыдова, С.С. Миняев – СПб.: Фонд «Азиатика», 2003. – 164 с. (Археологические памятники сюнну. Вып. 5).
42. Данжалова Е.В., Бажа С.Н. Трансформация основных типов степных экосистем Центральной Монголии под воздействием выпаса / Е.В. Данжалова, С.Н. Бажа // Вестник КрасГАУ. – 2008. – №2, – С. 98-104

43. Дамбаев В.Б. Микробиологические и изотопно-геохимические исследования в сухостепных озерах и сорových солончаках Западного Забайкалья / В.Б. Дамбаев, Г.Г. Гончиков, С.П. Бурюхаев, Б.С. Цыренов, А.М. Зякун, Б.Б. Намсараев // Микробиология. – 2011. Б.Б. – Т. 80. – № 6. – С. 850-859.
44. Дамбаев В.Б. Изотопные вариации углерода растительности и почв степных пастбищ Внутренней Азии / В.Б. Дамбаев, Т.Г. Банзаракцаева, Л.Б. Буянтуева, Б.Б. Намсараев, А.М. Зякун // География и природные ресурсы. – 2016. – № 2. – С. 118-124
45. Дамбаев В. Б., Найданов Б. Б. Изотопные вариации углерода  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  в галофитных экосистемах Баргузинской котловины / В. Б. Дамбаев, Б. Б. Найданов // Природа Внутренней Азии. – 2021. – № 1(17). – С. 14–21. DOI: 10.18101/2542-0623-2021-1-14-21
46. Данилов С.В. Ильмовая падь некрополь хунну / С.В. Данилов // Палеоэкология человека Байкальской Азии. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. –1999. – С. 82-86.
47. Данилов С.В. Черепица из хуннского городища Тэрэлжин дэрэвэлжин / С.В. Данилов, А.И Симухин., Н.В. Цыденова // Хунну: археология, происхождение культуры, этническая история. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН. – 2011. – С. 30–51.
48. Данилов С. В. Города эпохи хунну на востоке Монголии / С. В. Данилов, Н. В. Именохоев, Б. З. Нанзатов, А. И. Симухин, А. Очир, Л. Эрдэнэболд // Известия Иркутского Государственного университета. Серия: Геоархеология. Этнология. Антропология. – 2016. – Т. 17. – С. 74–93.
49. Дашибалов Б. Б. Археологические памятники курыкан и хори / Б. Б. Дашибалов. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1995. – 189 с.
50. Дашковский П.К. Элита сюнну Центральной Азии (по материалам анализа погребальных памятников)/ П.К. Дашковский, И.А. Мейкшан //

Известия Алтайского государственного университета. – 2016. – Т. 1. – № 2(90). – С. 195-199. DOI:10.14258/izvasu (2016)2-35.

51. Ди Маттео А. Изотопные исследования костных остатков якутских плейстоценовых лошадей / А. Ди Маттео, Т.В. Кузнецова, В.И. Николаев, Н.Н.Спасская, П. Якумин // Лед и снег. – 2013. – № 2 (122). – С. 93-101

52. Добровольская М.В. Особенности питания мезолитического населения Северо-Запада России (по данным палеоантропологии) / М.В Добровольская // Первобытная и средневековая история и культура Европейского Севера: проблемы изучения и научной реконструкции –п.«Соловецкий»: изд-во «СОЛТИ». – 2006. – С.134-142.

53. Егорова Р.А. Изотопный состав углерода доминирующих растений на грубогумусных буроземах Витимского плоскогорья / Егорова Р.А. // Современные проблемы науки и образования – 2015–№6. – С. 6

54. Ербаева М.А. Новый опорный разрез плейстоцена Улан-Жалга в Западном Забайкалье / М.А. Ербаева, А.А. Щетников, А.Ю. Казанский, Г.Г. Матасова, Ф.И. Хензыхенова, И.А. Филинов, О.Д. Намзалова, И.О. Нечаев // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 488. – №3. – С. 277-281. DOI: 10.31857/S0869-56524883277-281

55. Ермолова Н. М. Териофауна долины Ангары в позднем антропогене. / Н. М. Ермолова – Новосибирск: Наука, 1978. – 222 с.

56. Ивлиев А. Предварительные результаты исследований хуннского городища Тэрэлжийн-Дурвулжин. / Ивлиев А., Крадин Н., Харинский А., Очир А., Васютин С., Ковычев Е., Эрдэнэболд Л. // Теория и практика археологических исследований. – 2017. – № 2. – С.118-136

57. Именохоев Н.В. 1988. Средневековое кладбище у села Энхор на реке Джида (предварительные результаты). / Н.В Именохоев // Памятники эпохи палеометалла в Забайкалье. – Улан-Удэ: БФ СО АН СССР, 1988. – С. 108-128

58. Калмыков Н.П. Фауна крупных млекопитающих плейстоцена Прибайкалья и Западного Забайкалья. / Калмыков Н.П. – Улан-Удэ: БНЦ СО АН СССР, 1990. – 116 с.
59. Калмыков Н.П. Териофауна Удинской лесостепи (стоянка Хотык-3) / Н.П. Калмыков // Палеоэкология человека Байкальской Азии (путеводитель к полевым экскурсиям). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1999. – С. 41-43.
60. Калмыков. Н. П. Носороги рода *Coelodonta* в бассейне озера Байкал / Н. П. Калмыков. Н. П. // Фундаментальные проблемы квартера и основные направления дальнейших исследований. – Москва: ГЕОС 2000. – С. 168-171.
61. Клементьев А.М. Хотык — опорный палеогеографический разрез позднего неоплейстоцена Удинской депрессии (Западное Забайкалье) / А.М. Клементьев // Вестник ИрГТУ. № 1, 2009. - С. 24-29.
62. Клементьев А.М. Ландшафты бассейна реки Уды (Забайкалье) в позднем неоплейстоцене (по фауне крупных млекопитающих): автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.25 / Алексей Михайлович Клементьев. – Иркутск, 2011. – 18 с.
63. Клементьев А.М. Копытные млекопитающие и мамонт в палеолите Западного Забайкалья / А.М. Клементьев // Палеолитические культуры Забайкалья и Монголии (новые факты, методы, гипотезы). – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН – 2005. – С. 126–133.
64. Ковалев А.А. Раскопки поселения Баян Булаг в Южной Гоби (ханьская крепость Шоусянчэн) / А.А. Ковалев, Д. Эрдэнэбаатар, С.С Матренин, И.Ю. Гребенников // Теория и практика археологических исследований. – 2011. – Вып. 6. – С. 58-93.
65. Коновалов П.Б. Хунну в Забайкалье (погребальные памятники). / П.Б. Коновалов – Улан-Удэ: Бурятское кн. изд-во, 1976 – 221 с.
66. Коновалов П.Б. Некоторые итоги и задачи изучения хунну / П.Б. Коновалов // Древние культуры Монголии – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 41 - 50.

67. Коновалов П.Б. Состояние и задачи археологии Забайкалья / П.Б. Коновалов, И.И. Кириллов // По следам древних культур Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1983. С. 3–26.
68. Коновалов П.Б. Хуннологические исследования в Забайкалье: некоторые итоги и перспективы / П.Б. Коновалов, Б.А. Базаров, Д.А. Миягашев // Вестник БГУ. Сер. Востоковед. – 2015. – Вып. 8 (1). – С. 176-181.
69. Коновалов П.Б. Хуннская археология в Бурятии: история и новый этап исследований / П.Б. Коновалов, Б.А. Базаров., Д.А. Миягашев., А.М. Клементьев, Н.В. Именохоев // Вестник Бурятского научного центра СО РАН. – 2016. – Вып. 1 (21). – С. 9-26.
70. Королюк Е. А. Растительные остатки из захоронений в 20 и 31 курганах могильника Ноин-Ула (Северная Монголия) / Е. А. Королюк Н. В. Полосьмак // Археология, этнография и антропология Евразии. – Н.: Изд-во ИАЭТ СО РАН – 2010. – № 2 (42). – С. 57-63.
71. Королюк Е.А. И душа возродится как зерна проса. / Е. А. Королюк Н. В. Полосьмак // Наука из первых рук – 2012. – № 6 (48) – С. 110-123.
72. Крадин Н.Н. Империя Хунну./ Н.Н. Крадин – Владивосток, 1996. – 164 с.
73. Крадин Н. Н. Империя Хунну. 2-е изд. / Н.Н. Крадин – М.: Логос, 2002. – 312 с.
74. Крадин Н.Н. Социально-экономический строй хунну Забайкалья / Н.Н. Крадин // Археология, этнография и антропология Евразии. – Н: Изд-во ИАЭТ СО РАН – 2005. – №1. – С. 79–86
75. Крадин Н.Н. Социальная структура хунну Забайкалья / Н.Н. Крадин, С.В. Данилов, П.Б. Коновалов – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 106 с.
76. Крадин Н. Н. Раскопки городища Тэрэлжийн-дурвулжин и некоторые итоги изучения хуннской урбанизации / Н.Н. Крадин, А.Л. Ивлиев, С.А. Васютин, А.В. Харинский, А. Очир, Е.В. Ковычев, Л. Эрдэнэболд // Актуальные вопросы археологии и этнологии Центральной Азии. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. – 2017. – С. 163–175.



77. Крадин Н.Н. Империя хунну и начала степной урбанизации / Н.Н. Крадин., А.Л. Ивлиев., С.А. Васютин // Труды Института востоковедения РАН. – 2018. – №7. – С. 226–240.
78. Крылович О.А. Трофическое положение плейстоценовых и современных бурых медведей (*Ursus Arctos*) Якутии по данным изотопного анализа / О.А. Крылович, Г.Г. Боескоров, М.В. Щелчкова, А.Б. Савинецкий // Зоологический журнал. – 2020. – Т. 99. – № 5. – С. 544-553. DOI: 10.31857/S0044513420050074.
79. Кузьмина И.Е. Шерстистый носорог *Coelodonta antiquitatis* (*Perissodactyla*, *Rhinocerotidae*) на Урале в позднем плейстоцене / И. Е. Кузьмина, С. А. Кузьмина // Труды ЗИН РАН. – СПб., 1995. – Т. 263. – С. 200–213.
80. Кузьмин Я.В. Радиоуглеродное датирование палеолита Сибири и Дальнего Востока России: материалы к каталогу 14С дат (по состоянию на конец 2010 г.) / Я. В. Кузьмин, Л. А. Орлова, В. Н. Зенин, Л. В. Лбова, В. Н. Дементьев // *Stratum plus*. – 2011. – № 1. – С. 171-200.
81. Кузнецов А.М. 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
82. Лазарев П.А. Новая находка скелета шерстистого носорога в Якутии / П.А. Лазарев // Фауна и флора антропогена северо-востока Сибири. – Л.: Наука, 1977. – Тр. ЗИН, т. 63. – С. 281-285.
83. Лазарев П.А. Скелет Чурапчинского шерстистого носорога. / П.А. Лазарев // Млекопитающие антропогена Якутии – Якутск, ЯНЦ СО РАН, 1998. – с. 55-97
84. Лбова Л.В. Древности Бурятии: Карта археологических памятников / Л.В. Лбова, Е.А. Хамзина. - Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1999. – 241 с.

85. Лбова Л.В. Палеолит северной зоны Западного Забайкалья / Л.В. Лбова – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. – 240 с.
86. Лбова Л.В. Природная среда и человек в неоплейстоцене (Западное Забайкалье и Юго-Восточное Прибайкалье) / Л.В. Лбова, И.Н. Резанов, Н.П. Калмыков, В.Л. Коломиец, М.И. Дергачева, И.Н. Феденева, Н.В. Вашукевич, П.В. Волков, В.В. Савинова, Б.А. Базаров, Д.В. Намсараев. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. – 208 с.
87. Лбова Л.В. Природные обстановки и климат позднего неоплейстоцена Западного Забайкалья (по данным геоархеологических объектов) / Л.В. Лбова, В.Л. Коломиец, М.И. Дергачева, И.Н. Феденева, А.М. Клементьев // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2005. – № 2 (22). – С. 2-17.
88. Лидай. Лидай гэцзу чжуаньизи хуйбянь (Собрание сведений о народах различных исторических эпох) / Составитель Цзянь Боцзань и др. – Пекин: Чжунхуашуцзюй, 1958. – 2135 с.
89. Макаров М.И. Изотопный состав азота в почвах и растениях: использование в экологических исследованиях (обзор). / М.И. Макаров // Почвоведение – 2009 – Т.12 – С. 1432-1445.
90. Марченко Ж.В., Панов В.С., Гришин А.Е., Зубова А.В. Реконструкция и динамика структуры питания одиновского населения Барабинской лесостепи на протяжении III тыс. до н. э.: археологические и изотопные данные / Ж.В. Марченко, В.С. Панов., А.Е. Гришин, А.В. Зубова // Вестник археологии, антропологии и этнографии. – 2016. – №3(34). – С. 164-178
91. Миняев С.С. Дырестуйский могильник. / С.С. Миняев – СПб.: Филологический факультет СПбГУ, 2007. – 233 с.
92. Миронова Е. А. Целесообразность лечения третьих моляров / Е. А. Миронова. // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – Общество с ограниченной ответственностью Наука и инновации – 2017. – Т. 7. – №. 11. – С. 1579-1581.

93. Миягашев Д.А. Структура культурного слоя поселения хунну (по результатам мультидисциплинарных исследований) / Д.А. Миягашев, Е.А. Бессонова, Б.А. Базаров, С.А. Зверев, А.С. Теличко // Актуальные вопросы археологии и этнологии Центральной Азии: материалы II международной научной конференции посвященной 80-летию д.и.н., проф. П.Б. Коновалову – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. – С. 179-184.
94. Мурзинцева А.Е. Кайнозойские териологические коллекции в музеях Бурятии / А.Е. Мурзинцева, А.М. Клементьев // Эволюция жизни на Земле: материалы IV международного симпозиума – Томск: ТМТ-Пресс, 2010. – С. 670-673.
95. Найданов Б.Б. Флора засоленных местообитаний Юго-Западного Забайкалья: кормовая оценка / Б.Б. Найданов // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 11(38). – С. 39–43
96. Николаев Н.Н. Могильник хунну в пади Оргойтон (предварительное сообщение) / Н.Н. Николаев // Древние культуры Евразии. Материалы международной научной конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения А. Н. Бернштама. – СПб.: Инфо-ол, 2010. – С. 186-192
97. Николаев Н.Н. Работы Центрально-Азиатской археологической экспедиции на могильнике Оргойтон / Н.Н. Николаев, С.С. Миняев // Археологический сборник Государственного Эрмитажа (АСГЭ). – 2017. – № 41. – С. 143–158
98. Николаев В.И. Изотопные исследования костных останков из мест археологических раскопок (методические аспекты) / В.И. Николаев, Я.Г. Рысков., П. Якумин // Стабильные изотопы в палеоэкологических исследованиях. – М.: Ин-т географии РАН, 2006. – 158 с.
99. Оводов Н.Д. Фауна палеолитических поселений Толбага и Варварина Гора в Западном Забайкалье / Н.Д. Оводов // Природная среда и древний человек в позднем антропогене. – Улан-Удэ: ГИН БФ СО АН СССР, 1987. – С. 122-140.

100. Орлова Л.А. Радиоуглеродные даты памятников палеолита и мезолита Забайкалья и Монголии / Л.А. Орлова, Я.В. Кузьмин, Л.В. Лбова // Палеолитические культуры Забайкалья и Монголии (новые памятники, методы, гипотезы). – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2005. – С. 88–92.
101. Орлова Л.А. Хронология позднеплейстоценовой мегафауны юга Восточной Сибири / Л.А. Орлова, Я.В. Кузьмин, Н.П. Калмыков, Дж. С. Бурр. // Позднекайнозойская геологическая история севера аридной зоны: материалы международного симпозиума. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. – С. 238–242.
102. Осипов К. И. Флора Витимского плоскогорья (Северное Забайкалье) / К. И. Осипов. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2005. – 217 с.
103. Петухов И. А. Многолетняя динамика состояния пастбищных экосистем в экотонной зоне сухих и пустынных степей Центральной Монголии (Среднегобийский аймак) / И.А. Петухов, С.Н. Бажа, Е.В. Данжалова, Ю. И. Дробышев, С. Х.-Д. Сыртыпова, Е. А. Богданов, С. Энх-Амгалан, П. Д. Гунин // Экосистемы: экология и динамика. – 2018. – Т. 2. – № 2. – С. 5-39
104. Пидопличко И.Г. Новый метод определения геологического возраста ископаемых костей четвертичной системы / И.Г. Пидопличко – Киев: Изд-во. АН УРСР, 1952. – 90 с.
105. Полосьмак Н.В., Богданов Е.С. Курганы Суцзуктэ (Ноин-Ула, Монголия). Часть 1. / Н.В. Полосьмак, Е.С. Богданов – Новосибирск: «Инфолио», 2015. – 136 с.
106. Равский Э.И. Антропогеновые отложения юга Восточной Сибири / Равский Э.И., Л.П. Александрова, Э.А. Вангенгейм, В.Г. Гербова, Голубева // Труды ГИН АН СССР, – М., Наука, 1964, – Вып. 105. – 280 с
107. Руденко С.И. Культура хуннов и Ноинулинские курганы. / С.И. Руденко – Москва–Ленинград.: Издательство Академии Наук СССР, 1962. – С. 1-206.
108. Рупышев Ю.А. Продукционные характеристики С3 и С4 растений в условиях различной трансформации степей бассейна реки Баргузин,

- Байкальский регион, Россия / Ю.А. Рупышев, Т.Г. Бойков, А.В. Суткин // Научные проблемы и технологические аспекты модернизации АПК и развития сельских территорий Байкальского региона. – 2016. – С. 29-35.
109. Рысков Я.Г. О возможностях идентификации «антропогенной аридизации» ландшафтов в прошлом по изотопным данным / Я.Г. Рысков В.А. Демкин, В.И. Николаев, С.А. Олейник, П. Якумин // Стабильные изотопы в палеоэкологических исследованиях – Москва, ИГ РАН, – 2006. – С. 31- 69.
110. Рысков Я.Г. Реконструкция антропогенной аридизации ландшафтов в древности и средневековье по изотопным данным / Я.Г. Рысков В.А. Демкин, В.И. Николаев, С.А. Олейник, П. Якумин // География и природные ресурсы. – 2009. – №2. – С. 127–134.
111. Савинова В.В. Палинологические характеристики геоархеологических объектов Онинского района / В.В. Савинова // Палеоэкология человека Байкальской Азии: Путеводитель к полевым экскурсиям. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1999. – С. 48-50
112. Сафронова И.Н. Оценка современного состояния растительного покрова Хэнтэйского аймака Монголии / И.Н. Сафронова, Т.Ю. Каримова, Л. Жаргалсайхан // Аридные экосистемы – 2018 – Т. 24 – № 1 (74) – С. 68-78
113. Святко С.В. Анализ стабильных изотопов: основы метода и обзор исследований в Сибири и Евразийской степи / С.В. Святко // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2016. – Т. 44 – № 2. – С. 47–55. DOI: 10.17746/1563-0110.2016.44.2.047-055
114. Смашевский Н.Д. Экология фотосинтеза / Н.Д. Смашевский Н.Д. // Астраханский вестник экологического образования – 2014. – № 2 (28) – С.165-180.
115. Смирнов Н.М. Косуля в Западном Забайкалье / Н.М. Смирнов – Новосибирск: Наука, 1978. – 189 с.
116. Смирнов Н.Г. Физико–химические характеристики ископаемых костных остатков млекопитающих и проблема оценки их относительного возраста.

- Часть 1. Термический и масс–спектрометрический элементный анализ / Н.Г. Смирнов., С.Л. Вотяков, Н.О. Садыкова Н.О., Д.В. Киселева, Ю.В. Щапова – Екатеринбург: «Гощицкий», 2009 – 118 с
117. Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – Вып. 38. – 131 с.
118. Сосновский Г.П. Раскопки в Ильмовой пади / Г.П. Сосновский // Советская Археология – 1946. – № 8. – С. 51 -67.
119. Структура и динамика степных экосистем Восточной Монголии (на примере стационара Тумэнцогт) / Отв. ред. П.П.Дмитриев, Л.Жаргалсайхан. – М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2018. – 320 с.
120. Сулягина, Н.А. Исследование могильника Черемуховая падь в Кяхтинском районе Республики Бурятия в 2015-2017 годах / Н.А. Сулягина // Труды Кяхтинского краеведческого музея им. ак. В.А. Обручева. – Улан-Удэ, 2017. – С. 106-111
121. Талько-Грынцевич Ю.Д. Суджинское доисторическое кладбище в Ильмовой пади Троицкосавского округа, Забайкальской области. Палеознотологическое исследование / Ю.Д. Талько-Грынцевич // М.: Товарищество типографии А. И. Мамонтова, 1899– Т. I. – Вып. 2. – 77 с
122. Таскин В.С. Материалы по истории сюнну (по китайским источникам) / В.С. Таскин – М.: Наука, Главная редакция восточной литературы, 1968. – Вып. 1. – 176 с.
123. Ташак В.И. Реконструкция среды обитания человека в бассейне р. Уды в позднем плейстоцене - голоцене по материалам археологического местонахождения Барун-Алан-1 (Западное Забайкалье) / В.И. Ташак, С.А. Решетова, Ю.Е. Антонова // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер.: Геоархеология. Этнология. Антропология. – 2017. – Т. 20. – С. 3-25.

124. Фор Г. Основы изотопной геологии. / Фор Г. – М.: Изд-во Мир, 1989 –590 с
125. Хубанова А.М. С-N изотопный состав современных и палеонтологических костных остатков мегафауны Западного Забайкалья: метод определения, предварительные результаты / А.М. Хубанова, А.М. Клементьев, В.Ф. Посохов, А.Е. Мурзинцева // Вопросы естествознания. – 2015. – № 3(7). – С. 153-156.
126. Хубанова А.М. Первые данные об изотопном составе углерода и азота в костных остатках *Coelodonta antiquitatis* из позднеплейстоценовых археологических комплексов Хотык и Каменка Западного Забайкалья / А.М. Хубанова., А.М. Клементьев, В.Б. Хубанов, В.Ф. Посохов, А.Е. Мурзинцева // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. – 2016. – Т. 7. – № 1 (13). – С. 163-169.
127. Хубанова А.М. 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 // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология. – 2017. – Т. 21. – С. 33–59
128. Хубанова А.М. Изотопный состав углерода и азота в костных и зубных тканях *Bos taurus*, *Equus ferus caballus*, *Ovis aries* степных и лесостепных ландшафтов (Монголия и Западное Забайкалье) / А.М. Хубанова, В.Б. Хубанов, В.Ф. Посохов // в книге: Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАН А.Н. Антипова. – 2019. – С. 707-709.
129. Хубанова А.М. Условия обитания шерстистого носорога (*Coelodonta Antiquitatis*) в позднем плейстоцене в Западном Забайкалье: изотопные данные / А.М. Хубанова, В.Б. Хубанов, А.Е. Мурзинцева, Б.А. Базаров, И.В. Смолева,

Д.А. Миягашев // в сборнике: Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар, 2024. – С. 171-172.

130. Цогнамсрай Д. Эффективность некоторых методов восстановления деградированных пастбищ пустынно-степной зоны Монголии / Д. Цогнамсрай, Ч.Дугаржав // Аридные экосистемы – 2016 – Т. 22 – № 3 (68) – с. 56-62

131. Цыбиктаров А.Д. Новые материалы по хунну Южного Забайкалья / А.Д. Цыбиктаров // Археологические и этнографические исследования в Восточной Сибири: итоги и перспективы: тезисы докладов к региональной конференции – Иркутск, 1986. – С. 133-135.

132. Ульянов А.Н., Куликова А.Я., Григорьева О. Г. Актуальные проблемы современного овцеводства России / А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова, О.Г.

Григорьева // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2011. – № 3. – С. 54-60

133. Уртнасан М. Пастбищная дигрессия в степях центральной монголии (на примере сомона Батсумбэр центрального аймака Монголии) / М. Уртнасан М., Е.Л. Любарский // Ученые записки Казанского университета: сер. Естественные Науки. – 2013. – Т. 155. – Кн. 1. – С. 258–170.

134. Фор Г. Основы изотопной геологии. – М: Мир, 1989. –590 с

135. Эколого-географический атлас-монография “Селенга–Байкал” // Тр. Байкальской экспедиции. Вып. 1. / гл. ред. Н.С. Касимов. – М.: Геогр. ф-т МГУ, 2019. – 288 с.

136. Экологический атлас бассейна оз. Байкал / гл. ред. В.М. Плюсин –. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 145 с

137. Энговатова А. В. Коллективные захоронения в Ярославле. Реконструкция системы питания на основе результатов изотопного анализа / А.В. Энговатова, М.В. Добровольская, Е.Е. Антипина, Г.И. Зайцева // Краткие сообщения Института археологии – 2013 – Вып. 228. – С. 96–115

138. Эрэгзэн Г. Новые гипотезы о назначении и конструктивных особенностях хуннского городища Гуадов / Г. Эрэгзэн // Актуальные вопросы археологии и



этнологии Центральной Азии: Материалы II Международной научной конференции. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. – С. 245–255.

139. Юдина П.К. Внутривидовое варьирование показателей мезоструктуры листа степных растений в Западном Забайкалье / П.К. Юдина, Л.А. Иванова, Д.А. Ронжина, Л.А. Иванов // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: материалы XIV международной научной - практической конференции – Барнаул: АлтГУ, 2015. – С. 466-469.

140. Яворская Л.В. Стабильные изотопы углерода и азота в костях домашних животных из трех городов Европейской части России: Первые интерпретации / Л.В. Яворская, Е.Е. Антипина, А.В. Энговатова, Г.И. Зайцева // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: История. Регионоведение. Международные отношения. – 2015. – № 1 (31). – С. 54-64.

141. Allison C.E. Verifying Southern Hemisphere trends in atmospheric carbon dioxide 849 stable isotopes / C.E. Allison, R.J. Francey // Journal of Geophysical Research. – 2007 – Vol. 112 – D21304. DOI:10.1029/2006jd007345.

142. Ananyevskaya E. The effect of animal herding practices on the diversity of human stable isotope values in north central Asia. / E. Ananyevskaya, G. Akhatov, V. Loman, E. Dmitriev, A. Ermolayeva, A. Evdokimov, A. Garbaras, A. Goryachev, A. Kukushkin, I. Kukushkin, Z. Kurmankulov, A. Logvin, Y. Lukpanova, A. Onggar, S. Sakenov, J. Sapolaite, I. Shevnina, E. Usmanova, Z. Utubayev, V. Varfolomeev, D. Voyakin, S. Yarygin, G. Motuzaitė Matuzeviciute // Journal of Archaeological Science: Reports. – 2020. – Vol. 34. – P.102615. DOI:10.1016/j.jasrep.2020.102615

143. Ambrose S.H. Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs. / S.H. Ambrose // Journal of Archaeological Science. – 1991. – 18 (3). – P. 293-317. DOI:10.1016/0305-4403(91)90067-y

144. Ambrose S. Climate and habitat reconstruction using stable carbon and nitrogen isotope ratios of collagen in prehistoric herbivore teeth from Kenya / S. Ambrose, M. DeNiro // Quaternary Research – 1989 – Vol. 31 – P. 407-422.

145. Ambrose S.H. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. // *Journal of Archaeological Science*. – 1990 – Vol. 17 – P 431-451. DOI:10.1016/0305-4403(90)90007-R
146. Andreeva D., Zech M., Glaser B., Erbajeva M., Chimitdorgieva G., Ermakova O., Zech W. Stable isotope ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) record of soils in Buryatia, southern Siberia: Implications for biogeochemical and paleoclimatic interpretations // *Quaternary International* – 2013. – V. 290–291. – P. 82–94. DOI:10.1016/j.quaint.2012.10.054
147. Atlas of ecosystems of Mongolia. / eds: P. D. Gunin, M. Sandar . Ulaanbaatar. Admon Print, 2019. – 264 p
148. Baath R. Bayesboot: An Implementation of Rubin's (1981) Bayesian Bootstrap. R package version 0.2.2. – 2023. DOI://CRAN.R-project.org/package=bayesboot
149. Bazarova V.B. Late Holocene paleoclimatic events and evolution of environments in southeastern Transbaikalia / V.B. Bazarova, M.S. Lyashevskaya, T.A. Grebennikova, L.A. Orlova // *Quaternary International*. – 2015. – Vol. 355. – P. 44-51.
150. Bezrukova E.V. Post-glacial history of Siberian spruce (*Picea obovata*) in the Lake Baikal area and the significance of this species as a paleo-environmental indicator. / E.V. Bezrukova, A.A. Abzaeva, P.P. Letunova, N.V. Kulagina, K.E. Vershinin, A.V. Belov, L.A. Orlova, L.V. Danko, S.M. Krapivina // *Quaternary International*. – 2005. – Vol. 136. – P. 47 -57. DOI: 10.1016/j.quaint.2004.11.007. 151.
152. Bocherens H., Fizet M., Mariotti A. Diet, physiology and ecology of fossil mammals as inferred by stable carbon and nitrogen isotopes biogeochemistry: implications for Pleistocene bears. / H. Bocherens, M. Fizet, A. Mariotti // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 1994. – Vol. 107 – P. 213–225.

153. Bocherens H. Stable isotope abundances ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) in collagen and soft tissues from Pleistocene mammals from Yakutia. Implications for the palaeobiology of the Mammoth Steppe. / H. Bocherens, G. Pacaud, A.P. Lazarev, A. Mariotti // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* – 1996 – Vol. 126 – P. 31-44, DOI: 10.1016/S0031-0182(96)00068-5
154. Bocherens H. Paleobiological implications of the isotopic signatures ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) of fossil mammal collagen in Scladina Cave (Sclayn, Belgium). / H. Bocherens, D. Billiou, M Patou-Mathis, D. Bonjean, M. Otte, A. Mariotti // *Quaternary research*. – 1997– Vol. 48(3) – P. 370-380.
155. Bocherens, H. Isotopic biogeochemistry and the palaeoecology of the mammoth steppe fauna. / H. Bocherens // In: Reumer, J.W.F., De Vos J., Mol D. (eds) *Advances in mammoth research (Proceedings of the Second Mammoth International Conference, Rotterdam, May 16–20 1999)* – DEINSEA, 2003. – Vol. 9. – P. 57–76.
156. Bocherens H. Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems. / H. Bocherens, D. Drucker // *International Journal of Osteoarchaeology*. – 2003. – Vol. 13 (1-2) – P. 46-53. DOI: 10.1002/oa.662.
157. Bocherens, H., Drucker, D.G., *Terrestrial teeth and bones*. / Bocherens, H., Drucker, D.G. // *Encyclopedia of Quaternary Research* / Ed. S.A. Elias – Amsterdam: Elsevier, 2013. Vol. 1– P. 304-314.
158. Bocherens H. Evidence for a  $^{15}\text{N}$  positive excursion in terrestrial foodwebs at the Middle to Upper Palaeolithic transition in south-western France: Implications for early modern human palaeodiet and palaeoenvironment./ H. Bocherens, D.G. Drucker, S. Madelaine // *Journal of Human Evolution*. – 2014 – Vol. 69 – P. 31-43. DOI: 10.1016/j.jhevol.2013.12.015
159. Boeskorov G.G. Woolly rhino discovery in the lower Kolyma River / G.G. Boeskorov, P.A. Lazarev, A.V. Sher, S.P. Davydov, N.T. Bakulina, M.V.

- Shchelchkova, J. Binladen, E. Willerslev, B. Buigues, A.N. Tikhonov // *Quaternary Science reviews*. – 2011. – Vol. 30. – No. 17-18. – P. 2262-2272.
160. Borsuk-Bialynicka M. Studies on the Pleistocene rhinoceros *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach) / M. Borsuk-Bialynicka // *Palaeontologia Polonica*, 1973. – No. 29. – 149 p.
161. Bronk Ramsey C. OxCal v. 4.4 <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>. – 2021.
162. Brosseder U. Xiongnu Terrace Tombs and their Interpretation as Elite Burials. Current archaeological research in Mongolia. / U. Brosseder // In: Bonn Contributions to Asian Archaeology – Bonn, 2004. – P. 247–280.
163. Brosseder U. 2016. Xiongnu Empire. / U. Brosseder // *The Encyclopedia of Empire*. / Eds: Dalziel N., MacKenzie J.M. – Wiley-Blackwell Online Library, 2016. – P. 1-6. DOI: 10.1002/9781118455074.wbeoe149 2016.
164. Brosseder U. Twelve AMS-radiocarbon dates from Xiongnu period sites in Mongolia and the problem of chronology. / U. Brosseder, Ch. Yeruul-Erdene, D. Tseveendorj, Ch. Amartuvshin, Ts. Turbat, Ts. Amgalantugs, M.L. Machicek // *Археологийн судлал [Archaeological Research]*. – 2011. – Vol. 31. – P. 53–70.
165. Brown T.A. Improved collagen extraction method modified Longin method. / T.A.Brown, D.E. Nelson, J.S.Vogel, J.R. Southon // *Radiocarbon* –1988. – Vol. 30-2 –P. 171-177.
166. Burkhardt S. Effects of growth rate, CO<sub>2</sub> concentration, and cell size on the stable carbon isotope fractionation in marine phytoplankton. / S. Burkhardt, U. Riebesell, I. Zondervan // *Geochimica et Cosmochimica Acta* – 1999 – Vol. 63 – P. 3729-3741.
167. Burnik Sturm M. Sequential stable isotope analysis reveals differences in dietary history of three sympatric equid species in the Mongolian Gobi. / M. Burnik Sturm, O. Ganbaatar, C.C. Voigt P. Kaczensky // *Journal of Applied Ecology*. – 2017 – Vol. 54(4) – P. 1110-1119. DOI: 10.1111/1365- 2664.12825

168. Chen Z.X. Foliar  $\delta^{13}\text{C}$  showed no altitudinal trend in an arid region and atmospheric pressure exerted a negative effect on plant  $\delta^{13}\text{C}$ . / Z.X. Chen, G.A. Wang, Y.F. Jia // *Frontiers in Plant Science* –2017 – Vol. 8 – P. 1070.
169. Chen S. Isotopic carbon composition and related characters of dominant species along an environmental gradient in Inner Mongolia, China. / S. Chen, Y. Bai, G. Lin, J. Huang, X. Han // *Journal of Arid Environments*. – 2007– Vol. 71(1), – P. 12-28. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2007.02.006
170. Chisholm B.S. Stable-carbon isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diets. / B.S. Chisholm, D.E. Nelson, H.P. Schwarcz // *Science*. – 1982 – Vol. 216 –P. 1131-1132.
171. Codron D. Animal diets in the Waterberg based on stable isotopic composition of faeces. / D. Codron, J. Codron, J.A. Lee-Thorp, M. Sponheimer, D. de Ruiter // *South African Journal of Wildlife Research* – 2005– Vol. 35(1). – P. 43-52. DOI: 10.5167/uzh-25362
172. Cornelisen C.D. Patterns in the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  signature of *Ulva pertusa*: Interaction between physical gradients and nutrient source pools / C.D. Cornelisen, S.R. Wing, K.L. Clark, M.H. Bowman, R.D. Frew, C.L. Hurd // *Limnology and Oceanography*– 2007 –Vol. 52. – P. 820–832.
173. Craig H. The geochemistry of the stable carbon isotopes./ H. Craig // *Geochimica et Cosmochimica Acta* – 1953 – Vol. 3 – P. 53-92.
174. Dang C. Determination of diet in Manila clams by spatial analysis of stable isotopes. / C. Dang, P-G. Sauriau., N. Savoye, N. Caill-Milly, P. Martinez, C. Millaret, J. Haure, X. de Montaudouin // *Marine Ecology Progress Series* – 2009 – Vol. 387 – P.167-177. DOI:10.3354/meps08100f
175. Davie H. Carbon and nitrogen stable isotope values for plants and mammals in a semi-desert region of Mongolia. / H. Davie, J.D. Murdoch, A. Lini, L. Ankhbayar, S. Batdorj // *Mongolian Journal of Biological Sciences* – 2014. – Vol. 12 (1-2) – P. 33-43.

176. Dawson T.E. Stable isotopes in plant ecology / T. E. Dawson, S. Mambelli, A. H. Plamboeck, P. H. Templer, K.P. Tu // *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* – 2002 – Vol. 33 – P. 507-559.  
DOI:10.1146/annurev.ecolsys.33.020602.095451
177. 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.
178. 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.
179. DeNiro M. J., Schoeninger M. J. Stable Carbon and Nitrogen Isotope Ratios of Bone Collagen: Variations within Individuals, Between Sexes, and Within Populations Raised on Monotonous Diet / M. J. DeNiro, M. J. Schoeninger // *Journal of Archaeological Science* –1983. – Vol. 10(3) – P. 199-203. DOI: 10.1016/0305-4403(83)90002-X
180. 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.
181. deMenocal P. B. Climate and the peopling of the world / P.B. deMenocal, C. Stringer // *Nature* – 2016 – Vol. 538(7623) – P. 49-50. DOI:10.1038/nature19471
182. Du C. A review on moss nitrogen and isotope signatures evidence for atmospheric nitrogen deposition / C. Du, Q. Guo, J. Zhang // *Science of The Total Environment* – 2022– Vol. 806. – P. 150765
183. Dugerdil L. Climate reconstructions based on GDGT and pollen surface datasets from Mongolia and Baikal area: calibrations and applicability to extremely cold-dry environments over the Late Holocene / L. Dugerdil, S. Joannin, O. Peyron, I. Jouffroy-Bapicot, B. Vannière, B. Bazartseren, J. Unkelbach, H. Behling, G. Ménot, // *Climate of the Past Discussions* – 2021.–Vol. 17. – P. 1199-1226

184. Dugerdil L. Late Holocene Mongolian Climate and Environment Reconstructions from brGDGTs, NPPs and Pollen Transfer Functions for Lake Ayrag: Paleoclimate Implications for Arid Central Asia./ L. Dugerdil, G. Menot, O. Peyron, I. Jouffroy-Bapicot, S. Ansanay-Alex, I. Antheaume, H. Behling, B. Boldgiv, A-L. Develle, V. Grossi, J. Magail, M. Makou, M. Robles, J. Unkelbach, B. Vanniere, S. Joannin // *Quaternary Science Reviews*. – 2021b –Vol. 273. – P.107235. DOI:10.1016/j.quascirev.2021.107235
185. Erdenebaatar D. Investigation of Xiongnu elite burials Gol Mod-2 at Balgasyn Tal./ D. Erdenebaatar, T. Iderkhangai, E. Mijiddorj, S. Orgilbayar, N. Batbold, , B. Galbadrakh, A. Maratkhaan – Ulanbaatar: Monkhiiin Useg Publ.– 2015. – 257 p.
186. Farnsworth P. A reevaluation of the isotopic and archaeological reconstructions of diet in the Tehuacan Valley. / P. Farnsworth, J. E. Brady, M. DeNiro, R. S. MacNeish // *American Antiquity* – 1985. – Vol. 50. (1)– P. 102–116.
187. Fenner J.N. Food Fit for a Khan: stable isotope analysis of the Elite Mongol Empire Cemetery at Tavan Tolgoi, Mongolia. / J.N. Fenner, D. Tumen, D. Khatanbaatar // *Journal of Archaeological Science* – 2014 –Vol. 46. – P. 231-244.
188. Fogel M.L. Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations. / M.L. Fogel, N. Tuross, D.W. Owsley // *Annual report of the director, geophysical laboratory. Carnegie Inst. Wash.*, 1989 – Vol. 88 – P. 111-117.
189. Francey R.J. A 1000-year high precision record of  $\delta^{13}\text{C}$  in atmospheric  $\text{CO}_2$ . / R.J. Francey, C.E. Allison, D.M. Etheridge, C.M. Trudinger, I.G. Enting, , M. Leuenberger, R.L. Langenfelds, E. Michel, L.P. Steele // *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*. – 1999. – Vol. 51 (2). – 170-193. DOI: 10.3402/tellusb.v51i2.16269.
190. Fuller B.T. Nitrogen balance and  $\delta^{15}\text{N}$ : why you're not what you eat during pregnancy. / B.T. Fuller, J.L. Fuller, N.E Sage, Harris DA, O'Connell TC, Hedges REM // *Rapid Communications in Mass Spectrometry* – 2004 – Vol. 18 – No. 23 – P. 2889-2896.

191. Goldman R. Spatial Variation of Stable Carbon and Nitrogen Isotope Ratios and C:N of Perennial Plant Species in the Steppe Grassland of Northern Mongolia / R. Goldman // Master of Environmental Studies Capstone Projects [online]. – 2010 – No. 38. Available at: DOI://repository.upenn.edu/mes\_capstones/38
192. Golubtsova V. A. Use of  $\delta^{13}\text{C}$  Variations in Organic Matter of Paleosols of Western Transbaikalia for Reconstruction of Paleoprecipitation Dynamics in the Late Glacial and Holocene / V. A. Golubtsova, Yu. V. Ryzhova, A. A. Cherkashina // Eurasian Soil Science – 2024 – Vol. 57 (7) – P. 1122–1137.
193. Graven H. Compiled records of carbon isotopes in atmospheric  $\text{CO}_2$  for historical simulations in CMIP6 / H. Graven, C.E. Allison, D.M. Etheridge, S. Hammer, R.F. Keeling, I. Levin, H.A.J. Meijer, M. Rubino, P.P. Tans, C.M. Trudinger, B. H. Vaughn, J.W.C. White // Geoscientific Model Development – 2017 – Vol. 10 – P. 4405-4417, DOI:10.5194/gmd-10-4405-2017,.
194. Graven H. Changes to carbon isotopes in atmospheric  $\text{CO}_2$  over the industrial era and into the future / H. Graven, R.F. Keeling, J. Rogelj // Global biogeochemical cycles. – 2020 – Vol. 34(11) – P. e2019GB006170. DOI: 10.1029/2019GB006170
195. Guérin C. Les rhinocéros (Mammalia, Perissodactyla) du Miocène terminal au Pléistocène supérieur en Europe occidentale. Comparaison avec les espèces actuelles. / C. Guérin // Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon. – 1980. – Vol. 79. – P. 785-1185.
196. Heaton T.H.E. Spatial, species, and temporal variations in the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of  $\text{C}_3$  plants: implications for palaeodiet studies. / T.H.E. Heaton // Journal of Archaeological Science – 1999. – Vol. 26 – P. 637-649
197. Hobbie E.A. Nitrogen isotopes link mycorrhizal fungi and plants to nitrogen dynamics / E.A. Hobbie, P. Hogberg // New Phytologist. – 2012 – Vol. 196 – No.2 – C. 367-382. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04300.x.
198. Houle J.-L. Investigating Mobility, Territoriality and Complexity in the Late Bronze Age: An Initial Perspective from Monuments and Settlements. In current



- archaeological research in Mongolia. Bonn Contrib./ J.-L. Houle, D. Erdenebaatar // Asian Archaeology. – 2004–Vol. 4. – P. 117-135.
199. Hole J.-L. Settlement patterns and domestic economy of the Xiongnu in Khanui valley, Mongolia. Xiongnu Archaeology. / J.-L. Hole, L.G. Broderick // Multidisciplinary Perspectives of the First Steppe Empire in Inner Asia. Bonn: Vor- und Fruhgeschichtliche Archaologie. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universitat / ed: Brosseder U., B.K. Miller – Bonn, 2011 pp. – 137-152.
200. Honeychurch, W., Amartuvshin, Ch., 2006. Survey and settlement in Northern Mongolia. The structure of intra-regional nomadic organization. Beyond the Steppe and the Sown. In: Proceedings of the University of Chicago Conference on Euro-Asian Archaeology. Colloquia Pontica. – Leiden, 2006 – Vol 13. pp. 183-201.
201. Huiskes A. Stable Isotope Ratios as a Tool for Assessing Changes in Carbon and Nutrient Sources in Antarctic Terrestrial Ecosystems. / A. Huiskes, H. Boschker, D. Lud, T. Moerdijk-Poortvliet // Plant Ecology – 2006 –Vol. 182 –P. 79-86
202. Iacumin P. C and N stable isotope measurements on Eurasian fossil mammals, 40000 to 10000 years BP: Herbivore physiologies and palaeoenvironmental reconstruction. / P. Iacumin, V. Nikolaev, M. Ramigni // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology – 2000, –Vol. 163 – P. 33-47
203. Jenkins S.G. Nitrogen and carbon isotope fractionation between mothers, neonates, and nursing offspring. / S.G. Jenkins, S.T. Partridge, T.R. Stephenson, S.D. Farley, C.T. Robbins // Oecologia – 2001 –Vol. 129 – P. 336-341
204. Kahlke R.-D. The earliest immigration of woolly rhinoceros (*Coelodonta tologiijensis*, *Rhinocerotidae*, *Mammalia*) into Europe and its adaptive evolution in Palaearctic cold stage mammal faunas. / R.-D. Kahlke, F. Lacombat. // Quaternary Science Reviews – 2008. – Vol. 27. – P. 1951-1961.
205. Kalapos T. Occurrence and ecological characteristics of C4 dicot and Cyperaceae species in the Hungarian flora. / T. Kalapos, A. Baloghne-Nyakas, P. Csontos // Photosynthetica. – 1997 – Vol. 33 (2), – P. 227-240.

DOI:10.1023/A:1022112329990

206. Katzenberg M.A. Stable isotope analysis of archaeological faunal remains from Southern Ontario. / M.A. Katzenberg // *Journal of Archaeological Science* – 1989 – Vol. 16 – P. 319-329.
207. 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.
208. Katzenberg M.A. Stable isotope variation in pathological bone / M.A. Katzenberg, N.C. Lovell // *International Journal of Osteoarchaeology*. – 1999. – Vol. 9. – No. 5. – C. 316-324.
209. 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. – P. 663-674.
210. Katzenberg M.A. Diet reconstruction and stable isotope ecology 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 Lifeways*. / eds: A.W. Weber, M.A.Katzenberg, T. Schurr – University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology. Philadelphia, 2010. – P. 175-192.
211. Kelly J.F. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian tropic ecology./ J.F. Kelly // *Canadian Journal of Zoology*. – 2000. – Vol. 78 –P. 1-27.
212. Keeling, C.D. The Suess effect:  $^{13}\text{C}$ - $^{14}\text{C}$  interrelations./ C.D. Keeling // *Environment International*. – 1979. – Vol. 2. – P. 229-300.
213. Keeling C.D. Atmospheric  $\text{CO}_2$  and  $^{13}\text{C}$  exchange with the terrestrial biosphere and oceans from 1978 to 2000: observations and carbon cycle Implications. / C.D. Keeling, S.C. Piper, R.B. Bacatow, M. Wahlen, T.P. Whorf., P.M. Heimann, H.A. Meijer // *Ecological Studies*, Springer, New York, NY, 2005 – Vol. 177 – P. 83-113. DOI:10.1007/0-387-27048-5\_5

214. Khatri P. K. Stable Isotope Ratios of Herbs and Spices Commonly Used as Herbal Infusions in the Italian Market. / P. K. Khatri., R. Larcher, F.Camin , L. Ziller, A. Tonon, T. Nardin, L. Bontempo // ACS Omega –2021 – Vol. 6.(18) – P. 11925-11934. DOI:10.1021/acsomega.1c00274
215. Khubanova A.M. Zoning of desert, steppe, steppe-forest and forest ecosystems by carbon and nitrogen isotope in Mongolia and Western Transbaikalia / A.M. Khubanova, V.B. Khubanov, D.A. Miyagashev // Geography, Environment, Sustainability. – 2023. – V. 16. – No.3. – C. 14-31. DOI:10.24057/2071-9388-2023-2720
216. Kirillova I.V. On the discovery of a cave lion from the Malyi Anyui River (Chukotka, Russia). / I.V. Kirillova, A.V. Tiunov., V.A. Levchenko, O.F. Chernova, V.G. Yudin, F. Bertuch, F.K. Shidlovskiy // Quaternary Science Reviews. – 2015.—. Vol.117 – P.135-151
217. Kohzu, A. (2009). Food webs in Mongolian grasslands: The analysis of  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  natural abundances. / A. Kohzu, T. Iwata, M. Kato, J. Nishikawa, E. Wada, N. Amartuvshin, B. Namkhaidorj, N. Fujita // Isotopes in Environmental and Health Studies. – 2009 – Vol. 45(3). – P. 208-219: DOI:10.1080/10256010902871887
218. Konovalov P. B. The Burial Vault of a Xiongnu Prince at Sudzha (Il`movaia pad`, Transbaikalia). Vor- und Fruhgeschichtliche Archaologie Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universitat. - Bonn, 2008 – 60 p.
219. Kopczynska E.E. Phytoplankton composition and cell carbon distribution in Prydz Bay, Antarctica: relation to organic particulate matter and its  $\delta^{13}\text{C}$  values. / E.E. Kopczynska, L. Goeyens, M. Semeneh, F. Dehairs // Journal of Plankton Research – 1995 –Vol. 17 – P. 685-707.
220. Kradin N.N. Iron age societies of Western Transbaikalia: Reconstruction of diet and lifeways. / N.N. Kradin, A.M. Khubanova, B.A. Bazarov, D.A. Miyagashev, V.B. Khubanov, P.B. Konovalov, A.M. Klementiev, V.F. Posokhov, A.R. Ventresca Miller // Journal of Archaeological Science: Reports. – 2021 – Vol. 38 – P. 102973, DOI:10.1016/j.jasrep.2021.102973

221. Krajcarz M. Isotopic variability of cave bears ( $d^{15}N$ ,  $d^{13}C$ ) across Europe during MIS 3 / M. Krajcarz., M. Pacher., M.T. Krajcarz., L. Laughlan., G. Rabeder, M. Sabol, P. Wojtal., H. Bocherens // Quaternary Science Reviews. – 2016 – Vol. 131. – P. 51-72. DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.10.028
222. Kuzmin Y.V. Extinction of the woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) and woolly rhinoceros (*Coelodonta antiquitatis*) in Eurasia: review of chronological and environmental issues. / Y.V. Kuzmin // Boreas – 2010 – 39, – 247-261: DOI 10.1111/j.1502-3885.2009.00122.x. ISSN 0300-9483.
223. Kuzmin Y.V. The Paleolithic diet of Siberia and Eastern Europe: evidence based on stable isotopes ( $\delta^{13}C$  and  $\delta^{15}N$ ) in hominin and animal bone collagen. / Y.V. Kuzmin, A.A. Bondarev, P.A. Kosintsev, E.P. Zazovskaya // Archaeological and Anthropological Sciences – 2021. – Vol. 13 – P. 1-12. DOI:10.1007/s12520-021-01439-5
224. Kuzmin, Y.V. The Late Pleistocene megafauna of the Chulym River basin, southeastern West Siberian Plain: chronology and stable isotope composition. / Y.V. Kuzmin, A.V. Shpansky // Journal of Quaternary Science – 2023 – Vol. 38. – No. 1. – P. 2-7: DOI:10.1002/jqs.3470
225. Lambert J.B. Traces of the past: unraveling the secrets of archaeology through chemistry. / J.B. Lambert – Reading, Massachusetts: Addison Wesley Longman, One Jacob Way, Perseus Books, 1997 – 320 p.
226. Lange O. Water status related photosynthesis and carbon isotope discrimination in species of the lichen genus *Pseudocyphellaria* with green or blue-green photobionts and in photosymbiodemes. / O Lange, T Green, H Ziegler // Oecologia – 1988 – Vol. 75. – P. 494-501.
227. Laws E.A. Dependence of phytoplankton carbon isotopic composition on growth rate and  $[CO_2]_{aq}$ : Theoretical considerations and experimental results. / E.A. Laws, B.N. Popp, R.R. Bidigare, M.C. Kennicutt, S.A. Macko // Geochimica et Cosmochimica Acta – 1995 – Vol. 59 – P. 1131-1138

228. Lee Y, Lim H, Yoon H. Carbon and nitrogen isotope composition of vegetation on King George Island, maritime Antarctic / Y. Lee, H. Lim, H. Yoon // *Polar Biology* – 2009. – Vol. 32 –P. 1607- 1615.
229. Lee-Thorp J.A. Stable carbon isotope ratio differences between bone collagen and bone apatite, and their relationship to diet / J.A. Lee –Thorp, J.C. Sealy, N. J. Van der Merwe // *Journal of Archaeological Science*. – 1989 – Vol. 16. – P. 585-599.
230. Lee-Thorp J.A. On isotopes and old bones./ J.A. Lee-Thorp // *Archaeometry*. – 2008 – Vol. 50(6) – P. 925-950. DOI:10.1111/j.1475-4754.2008.00441.x
231. Li M.C. Characterization of photosynthetic pathway of plant species growing in the eastern Tibetan plateau using stable carbon isotope composition. / M.C. Li, H.Y Liu., X.F. Yi, L.X. Li // *Photosynthetica*. – 2006. – Vol. 44(1). – P.102-108. DOI: 10.1007/s11099-005-0164-1
232. Li M.C. Occurrence and altitudinal pattern of C4 plants on Qinghai Plateau, Qinghai province, China. / M.C. Li, J.J. Zhu, L.X. Li // *Photosynthetica* – 2009 – Vol. 47(2). – P. 298-303. DOI:10.1007/s11099-009-0046-z
233. Liu X.Q. Photosynthetic pathway types in rangeland plant species from Inner Mongolia, North China. / X.Q. Liu, R.Z. Wang., Y.Z. Li // *Photosynthetica*. – 2004 – Vol. 42 – P. 339-344:DOI: 10.1023/B:PHOT.0000046150.74045.46
234. Liu X.Z. Nitrogen isotope composition characteristics of modern plants and their variations along an altitudinal gradient in Dongling Mountain in Beijing. / X.Z. Liu, G.A. Wang, J.Z. Li, Q.Wang // *Science in China Series D-Earth Sciences*. – 2009 –Vol. 53(1) – P.128-140. DOI:10.1007/s11430-009-0175-z
235. Longin R. New method of collagen extraction for radiocarbon dating / R. Longin // *Nature*. – 1971. – Vol. 230. – P. 241–242.
236. 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. – P. 62–73. DOI:10.1016/j.quaint.2014.08.021

237. Machicek M.L. Reconstructing Diet, Health and Activity Patterns in Early Nomadic Pastoralist Communities of Inner Asia: Ph.D. Dissertation. / M.L. Machicek– Sheffield: University of Sheffield. – 2011. – 273 p.
238. Maguas C. Gas exchange and carbon isotope discrimination in lichens - evidence for interactions between CO<sub>2</sub>-concentrating mechanisms and diffusion limitation. / C. Maguas, H. Griffiths, M.S.J. Broadmeadow // *Planta* –1995 –196 – 95-102. doi: 10.1007/BF00193222
239. Makarewicz C. Foddering by Mongolian pastoralists is recorded in the stable carbon (δ<sup>13</sup>C) and nitrogen (δ<sup>15</sup>N) isotopes of caprine dentinal collagen. / C. Makarewicz, N. Tuross. // *Journal of Archaeological Science*. – 2006 – Vol. 33(6). – P.862-870: DOI:10.1016/j.jas.2005.10.016
240. Mann H.B. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. / H.B. Mann, D.R. Whitney // *Annals of Mathematical Statistics*. – 1947 – Vol. 18 – P. 50-60. DOI:10.1214/aoms/1177730491
241. Mannino M.A. Upper Paleolithic hunter-gatherer subsistence study of the diets of human beings directly dated humans from Sicily. / M.A. Mannino, R. Di Salvo, V. Schimmenti, C. Di Patti, A. Incarbona, L. Sineo, M.P. Richards // *Journal of Archaeological Science*. – 2011. – Vol. 38. – P. 3094-3100.
242. Markova A.K. New data on changes in the European distribution of the mammoth and the woolly rhinoceros during the second half of the Late Pleistocene and the early Holocene. / A.K. Markova, A.Y. Puzachenko, T. Van Kolfshoten, J. Van der Plicht, D.V. Ponomarev // *Quaternary International*. – 2013 – Vol. 292. – 4-14. DOI:10.1016/j.quaint.2012.11.033
243. Martin B. Stable Carbon Isotope Composition (δ<sup>13</sup>C), Water Use Efficiency, and Biomass Productivity of *Lycopersicon esculentum*, *Lycopersicon pennellii*, and the F1 Hybrid. / B. Martin, Y.R. Thorstenson // *Plant Physiology* – 1988 – Vol. 88 – P. 213-217: DOI: 10.1104/pp.88.1.213.
244. Mekota A-M. Serial analysis of stable nitrogen and carbon isotopes in hair: monitoring starvation and recovery phases of patients suffering from anorexia

- nervosa. / A-M. Mekota, G. Grupe, S. Ufer, U. Cuntz // *Rapid Communications in Mass Spectrometry* – 2006. – Vol. 20 – P.1604–1610
245. Miller B.K. Xiongnu “Kings” and the political order of the steppe empire. // *Journal of the Economic and Social History of the Orient* – 2014 – Vol. 57, P. 1-43.
246. Miniaev S.S. An elite complex of Xiongnu burials in the Tsaraam valley./ S.S. Miniaev, L.M. Sakharovskaya // *Anthropology Archeology Eurasia* – 2008.– Vol. 46 (4) – P. 71-84. DOI: 10.2753/AAE1061-1959460404
247. Minagawa M. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  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(5), P. 1135-1140. DOI:10.1016/0016-7037(84)90204-7
248. Murphy E.M. 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. Schulting, N. Beer, Y. Chistov, A. Kasparov, M. Pshenitsyna // *Journal of Archaeological Science* – 2013. – Vol. 40. – P. 2547-2560.
249. Nier A.O. Variations in the relative abundance of the carbon isotopes. / A.O. Nier, E.A. Gulbransen // *Journal of the American Chemical Society*. – 1939 – Vol. 61 – P. 697–698.
250. Nowak J. The second woolly rhinoceros (*Coelodonta antiquitatis* Blum.) from Starunia. Poland / J. Nowak, E. Panow, J. Tokarski, W. Szafer, J. Stach // *Bulletin international de l'Académie polonaise des sciences et des lettres*. – 1930 – C.1-47
251. O'Connell T.C. The diet-body offset in human nitrogen isotopic values: A controlled dietary study. / T.C. O'Connell, C.J. Kneale, N. Tasevska, G.G Kuhnle // *American Journal of Physical Anthropology* – 2012 –Vol. 149(3) – P. 426-434.
252. O'Regan H.J. The missing mushrooms: searching for fungi in ancient human dietary analysis. / H.J. O'Regan, A.L. Lamb, D.M. Wilkinson // *Journal of Archaeological Science*. – 2016 – Vol. 75. – P.139-143. DOI: 10.1016/j.jas.2016.09.009

253. Osmond C. B. Comparisons of  $\delta^{13}\text{C}$  values in leaves of aquatic macrophytes from different habitats in Britain and Finland; some implications for photosynthetic processes in aquatic plants. / C.B Osmond, N. Valaane, S.M. Haslam, P. Uotila, Z. Roksandic // *Oecologia* – 1981.– Vol. 50 – P. 117-124.
254. Oyungerel S. A Study to Detect CAM Plants in Mongolia. / S. Oyungerel, T. Tsendeekhuu, G. Tserenkhand // *Mongolian Journal of Biological Sciences* –2004 – Vol. 2(1). – P. 29-37: DOI: 10.22353/mjbs.2004.02.04
255. Parker P.L. The biogeochemistry of the stable isotopes of carbon in a marine bay./ P.L. Parker // *Geochimica et Cosmochimica Acta* – 1964. – Vol. 28 – P. 1755-1164
256. Percy R.W.  $\text{C}_4$  photosynthesis in tree form Euphorbia species from Hawaiian rainforest sites. / R.W. Percy, J.Troughton // *Plant Physiology* – 1975 – Vol. 55(6). – P. 1054-1056: DOI: 10.1104/pp.55.6.1054
257. Pollard A.M. Analytical chemistry in archaeology. / A.M. Pollard, C.M. Batt, B. Stern, S.M.M. Young. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2007. – 404 p. DOI 10.1017/CBO9780511607431
258. Price T.D. Bone chemistry and past behaviour: an overview / T.D. Price, M.J. Schoeninger, G. J. Armelagos // *Journal of Human Evolution* – 1985 – Vol. 14 (5) – P. 419-447.
259. Pyankov V.I.  $\text{C}_4$  plants in the vegetation of Mongolia: their natural occurrence and geographical distribution in relation to climate. / V.I. Pyankov, P.D Gunin., S. Tsoog, C.C. Black // *Oecologia* – 2000 – Vol. 123 – P.15-31.  
DOI:10.1007/s004420050985
260. Puzachenko A.Y. Late Pleistocene chronology and environment of woolly rhinoceros (*Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1799) in Beringia. / A.Y. Puzachenko, V.A. Levchenko, F. Bertuch, E.P. Zazovskaya, I.V. Kirillova // *Quaternary Science Reviews*. – 2021 – Vol. 263 – P.106994.  
DOI:10.1016/j.quascirev.2021.1



261. Ramseyer D. The Xiongnu Settlement of Boroo Gol, Selenge Aimag, Mongolia. Current Archaeological Research in Mongolia. / D. Ramseyer, N. Pousaz, T. Torbat // Papers from the First International Conference. Archaeological Resesarch in Mongolia. – Ulaanbaatar, 2009. – P. 231-240.
262. Rice S.K. Variation in carbon isotope discrimination within and among Sphagnum species in a temperate wetland. / S.K Rice // Oecologia – 2000. –Vol. 123 – P.1-8.
263. Roberts N. The Holocene. An environmental history./ N. Roberts – Blackwell Publishers Inc., Malden, Massachusetts, 1998. – 316 p.
264. Rogers J.D., Inner Asian polities and their built environment. / J.D. Rogers // Archaeological Research in Asia – 2017. – Vol.11 – P.1-14
265. Rubin D.B. The bayesian bootstrap. / D.B. Rubin // The Annals of Statistics. – 1981 – Vol. 9 (1). – P.130–134.
266. Ryzhov Y.V. Structure, Age, and Formation Stages of the First River Terraces in the Selenga Drainage Basin / Y.V. Ryzhov, M.V. Smirnov, V.A. Golubtsov, M. Yu. Opekunova, S. Demberel // Geography and Natural Resources – 2023 – Vol. 44 - Suppl. 1. – P. S99 – S108 . DOI: 10.1134/S1875372823050153
267. Schoeninger M.J. Trophic level effects on  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios in bone collagen and strontium levels in bone mineral / M.J. Schoeninger // Journal of human evolution. – 1985. – Vol. 14. – No. 5. – C. 515-525.
268. 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.
269. Schwarcz H.P. Stable isotopes in human skeletons of southern Ontario: Reconstructing paleodiet. / H.P. Schwarcz, J. Melbye, M.A. Katzenberg, M. Knyf // Journal of Archaeological Science. –1985 –Vol. 12, – P. 187-206.
270. Sealy J.C. Nitrogen isotopic ecology in southern Afiica: Implications for environmental and dietary tracing./ J.C. Sealy, N.J. van der Merwe, J.A. Lee-Thorp, J.L. Lanham // Geochimica et Cosmochimica Acta – 1987 – Vol. 51 – P. 2707-2717

271. Sima Qian, Shi ji [Historical Records] (Beijing, 1958). // Records of the Grand Historian of China from Shih Chi of Ssu-ma Ch'en / trans. Burton Watson – New York: Columbia University Press, 1961. – 129 p.
272. Smith B.N. Two categories of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios for higher plants./ B.N. Smith, S. Epstein // Plant Physiology – 1971. – Vol. 47 – P. 380-384.
273. Spasojevic M. J. Variation in  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  within and among plant species in the alpine tundra. / M.J. Spasojevic, S. Weber // Arctic, Antarctic, and Alpine Research – 2021. – Vol. 53(1) – P. 340-351. DOI:10.1080/15230430.2021.2000567
274. Su Y. Relationship between Growth Characteristics and Stable Carbon Isotope of *Artemisia scoparia* in a Desert Steppe. / Y. Su, L. Chen, Y. Li, W. Meng, Z. Zhu, C. Uan, S. Wang, L. Zhu // Acta Agrestia Sinica – 2019 – 27(4) – P. 859-866. DOI: 10.11733/j.issn.1007-0435.2019.04.009
275. Suess H.E. Radiocarbon concentration in modern wood / H. E. Suess // Science. – 1955. – Vol. 122. – No. 3166. – C. 415-417.
276. Szpak P. Carbon and Nitrogen Isotopic Survey of Northern Peruvian Plants: Baselines for Paleodietary and Paleoecological Studies. / P. Szpak, C.D. White, F.J. Longstaffe, J-F. Millaire, V.F. Vasquez Sanchez // PLoS ONE – 2013. – Vol. 8(1) – P. e53763. DOI:10.1371/journal.pone.0053763
277. Tanaka-Oda A. A water acquisition strategy may regulate the biomass and distribution of winter forage species in cold Asian rangeland. / A.Tanaka-Oda, I. Endo, N. Ohte, D. Eer, N.Yamanaka, M. Hirobe, G.U. Nachinshonho, A. Koyama.. S. Jambal, M. Katsuyam, T. Nakamura, N. Matsuo, U. Jamsran, T. Okuro, K. Yoshikawa // Ecosphere. – 2018– Vol. 9(12), – P.e02511. DOI: 10.1002/ecs2.2511.
278. Tipple B.J. The early origins of terrestrial  $\text{C}_4$  photosynthesis. / B.J. Tipple, M. Pagani // Annual Review of Earth and Planetary Sciences – 2007 – Vol. 35. – P. 435-461. DOI: 10.1146/annurev. earth.35.031306.140150.
279. Tiunov A.V. Stable isotope ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) composition of the woolly rhinoceros *Coelodonta antiquitatis* horn suggests seasonal changes in the diet.

- / A.V. Tiunov, I.V. Kirillova // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. – 2010. – Vol. 24. – P.3146-3150
280. Tykot R.H. Isotope analyses and the histories of maize/ R.H. Tykot // *Histories of maize: multidisciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domestication, and evolution of maize* / Eds. J.E. Staller, R.H. Tykot, B.F. Benz. – Amsterdam. – 2006 – P. 131-142. DOI:10.1016/B978-012369364-8/50262-X
281. van der Merwe N. J.  $^{13}\text{C}$  content of human collagen as a measure of prehistoric diet in Woodland North America. / N.J.van der Merwe, J.C. Vogel // *Nature*. – 1978 – Vol. 276. – P. 815–816.
282. van der Merwe N.J. Carbon isotopes, Photosynthesis and Archaeology / N. J. van der Merwe // *American Scientist*. – 1982 – Vol. 70. – P. 596-606.
283. van der Merwe N. J. Light stable isotopes and the reconstruction of prehistoric diets./ N. J. van der Merwe // *Proceedings of the British Academy*. – 1992. – Vol. 77. – P. 247-264.
284. van Geel B. Pollen and spores from molar folds reflect food choice of late Pleistocene and Early Holocene herbivores in The Netherlands and the adjacent North Sea area. / B. van Geel, B.W. Langeveld, D. Mol, P.W. van der Knaap, J.F.N. van Leeuwen // *Quaternary Science Reviews*. – 2019 – Vol. 225. – P. 106030.
285. Van Klinken G.J. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. / G.J. Van Klinken // *Journal of Archaeological Science*. – 1999. – Vol. 26(6). – P. 687-695. DOI: 10.1006/jasc.1998.0385
286. Vaughn, B. H., Evans, C. U., White, J. W. C., Still, C. J., Masarie, K. A., and Turnbull, J.: *Global Network Measurements of Atmospheric Trace Gas Isotopes // Isoscapes: Understanding Movement, Pattern, and Process on Earth Through Isotope Mapping* / eds: J.B. West, G.J. Bowen, T.E. Dawson, K.P. Tu. – Springer Amsterdam, Netherlands, 2010. – P. 3-31
287. Ventresca Miller A.R. Pasture usage by ancient pastoralists in the northern Kazakh steppe informed by carbon and nitrogen isoscapes of contemporary floral biomes. / A.R. Ventresca Miller, T.M. Bragina, Y.A. Abil, M.M. Rulyova, C.A.

- Makarewicz. // *Archaeological and Anthropological Sciences* – 2019a – Vol. 11. – P. 2151-2166. DOI: 10.1007/s12520-018-0660-4
288. Ventresca Miller A.R. Intensification in pastoralist cereal use coincides with the expansion of trans-regional networks in the Eurasian Steppe. / A.R. Ventresca Miller, C.A. Makarewicz // *Scientific Reports* – 2019b – Vol. 9. – P. 8363. DOI: 10.1038/s41598-018-35758-w.
289. Vogel, J.C. Isotopic evidence for early maize cultivation in New York State. / J.C. Vogel, N.J. van der Merwe // *American Antiquity* – 1977.– Vol. 42 (2) – P. 238-242
290. Von den Driesch A. A guide to the measurements of animals bones from archaeological sites / A. Von den Driesch // *Peabody Museum Bulletin*, 1976. – No. 1. – 136 p
291. Wada E. The Use of Stable Isotopes for Food Web Analysis / E. Wada, H. Mizutani, M. Minagawa // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* – 1991. – Vol. 30 – P. 361-371.
292. Wang G. Carbon isotope ratios of C 4 plants in loess areas of North China./ G. Wang, J. Han, L. Zhou, X. Xiong, M. Tan, Z. Wu, J. Peng // *Science in China, Series D: Earth Science*. – 2006 – Vol. 49(1), – P. 97-102. DOI:10.1007/s11430-004-5238-6
293. Waters-Rist A.L. 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.
294. Waters-Rist A.L. Evaluating the biological discontinuity hypothesis of Cis-Baikal Early versus Late Neolithic-Early Bronze Age populations using dental non-metric traits. / A.L.Waters-Rist, V.I. Bazaliiskii, O.I. Goriunova, A.W Weber, M.A. Katzenberg // *Quaternary International* – 2016 – Vol. 405 – P.122-133.
295. Weber A.W. Hunter–gatherer culture change and continuity in the Middle Holocene of the Cis-Baikal, Siberia. / A.W.Weber, D. Link, M.A. Katzenberg // *Journal of Anthropological Archaeology* – 2002.– Vol. 21. – P. 230–299.

296. Weber A.W. 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. Saveliev, M.A Katzenberg // *Journal of Anthropological Archaeology* – 2011. – Vol. 30(4) – P. 523-548. DOI:10.1016/j.jaa.2011.06.006.
297. 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.
298. Weber A. W. Biogeochemical data from the Shamanka II Early Neolithic cemetery on southwest Baikal: Chronological and dietary patterns / A.W. Weber, R.J. Schulting, C.B. Ramsey, V. I. Bazaliiskii // *Quaternary International* – 2016 – Vol. 405 – P. 233-254.
299. Weber A.W. Middle Holocene hunter–gatherers of Cis-Baikal, eastern Siberia: chronology and dietary trends / A.W. Weber, C.B Ramsey, R.J. Schulting, V.I. Bazaliiskii, O. I. Goriunova // *Archaeological Research in Asia* – 2021 –Vol. 25. – P.100234.
300. Wen Z. Anatomical types of leaves and assimilating shoots and carbon  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotope fractionation in Chinese representatives of *Salsola* s.l. (*Chenopodiaceae*). / Z. Wen, M. Zhang // *Flora* – 2011 – Vol. 206 – P. 720-730, DOI:10.1016/j.flora.2010.11.015
301. Wiencke C. Growth and stable carbon isotope composition of cold-water macroalgae in relation to light and temperature / C Wiencke, G. Fischer // *Marine Ecology Progress Series* – 1990 – Vol. 65 – P. 283-292.
302. Wilkin, S. Dairy pastoralism sustained Eastern Eurasian steppe populations for 5000 years. / A. Ventresca Miller, W.T.T. Taylor, B.K. Miller, R.W. Hagan, M. Bleasdale, A. Scott, S. Gankhuyg, A. Ramsoe, C. Trachsel, P. Nanni, J. Grossmann, L. Orlando, M. Horton, P. W. Stockhammer, E. Myagmar, N. Boivin, C. Warinner, J. Hendy // *Nature Ecology and Evolution*. – 2020a – Vol. 4 – P. 346-355.

303. Wilkin S. Economic diversification supported the growth of Mongolia's nomadic empires / S. Wilkin, A. Ventresca Miller, B.K. Miller, R.N. Spengler 3rd, W.T.T. Taylor, R. Fernandes, R.W. Hagan, M. Bleasdale, J.Zech, S. Ulziibayar, E. Myagmar, N. Boivin, P. Roberts // *Scientific Reports* – 2020b.– Vol. 10(1). – P. 3916. DOI: 10.1038/s41598-020- 60194-0.
304. Winter K. C4 Plants of High Biomass in Arid Regions of Asia -Occurrence of C4 Photosynthesis in Chenopodiaceae and Polygonaceae from the Middle East and USSR. / K. Winter // *Oecologia (Berlin)* – 1981. – Vol. 48. – P. 100-106, DOI:10.1007/BF00346994.
305. Wright, J. The Xiongnu settlements of Egiin Gol, Mongolia / J. Wright, W. Honeychurch, Ch. Amartuvshin // *Antiquity*. – 2009. – Vol. 83 – P. 372-387.
306. Zhang C. Quantification of temperature and precipitation changes in northern China during the “5000-year” Chinese history. / C. Zhang, C. Zhao, A. Zhou, H. Zhang, W. Liu, X. Feng, X. Sun, T. Yan, C. Leng, J. Shen, F. Chen // *Quaternary Science Reviews*. – 2021. – Vol. 255. – P. 106819. DOI: 10.1016/j.quascirev.2021.106819.
307. Zeuner F. E. Paleobiology and Climate of the Past / F. E. Zeuner // *Problems of paleontology*. – 1936. – Vol. 1. – P. 199–215.
308. Zimov S.A. Steppe-tundra transition: a herbivore-driven biome shift at the end of the Pleistocene. / S.A. Zimov, V.I. Chuprynin, A.P. Oreshko, F.S. Chapin III, J.F Reynolds, M.C. Chapin // *American Naturalist*. – 1995 – Vol. 146. – P.765-794.