



Vestnik of Geosciences
Вестник геонаук

Апрель
April
2022,
№ 4 (328)

Главный редактор А. М. Асхабов

Зам. главного редактора И. Н. Бурцев

Зам. главного редактора О. Б. Котова

Ответственный секретарь И. В. Козырева

Chief Editor A. M. Askhabov

Deputy Chief Editor I. N. Burtsev

Deputy Chief Editor O. B. Kotova

Executive Secretary I. V. Kozyreva

Редакционная коллегия

- А. И. Антошкина*, Сыктывкар, Россия
М. А. Богдасаров, Брест, Беларусь
М. А. Т. М. Брокманс, Тронхейм, Норвегия
Д. А. Бушнев, Сыктывкар, Россия
Ю. Л. Войтеховский, Санкт-Петербург, Россия
А. Д. Гвишиани, Москва, Россия
А. В. Журавлёв, Сыктывкар, Россия
М. Комак, Любляна, Словения
С. В. Кривовичев, Санкт-Петербург, Россия
С. К. Кузнецов, Сыктывкар, Россия
М. Мартинс, Ору-Прету, Бразилия
Т. П. Майорова, Сыктывкар, Россия
П. Мянник, Таллин, Эстония
А. И. Николаев, Апатиты, Россия
Б. М. Осовецкий, Пермь, Россия
Ю. Ф. Патраков, Кемерово, Россия
И. В. Пеков, Москва, Россия
В. Н. Пучков, Екатеринбург, Россия
Д. Ю. Пуцаровский, Москва, Россия
А. М. Пыстин, Сыктывкар, Россия
Ш. Сан, Мянъян, Китай
К. М. Соджа, Гамильтон, Нью-Йорк, США
О. В. Удоратина, Сыктывкар, Россия
М. А. Федонкин, Москва, Россия
А. Г. Шеломенцев, Сыктывкар, Россия

Технический редактор Г. Н. Каблис

Заведующий редакцией Т. А. Некучаева

Editorial Board

- A. I. Antoshkina*, Syktyvkar, Russia
M. A. Bogdasarov, Brest, Belarus
M. A. T. M. Broeckmans, Trondheim, Norway
D. A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Yu. L. Voytekhovsky, St. Petersburg, Russia
A. D. Gvishiani, Moscow, Russia
A. V. Zhuravlev, Syktyvkar, Russia
M. Komac, Ljubljana, Slovenia
S. V. Krivovichev, St. Petersburg, Russia
S. K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
M. Martins, Ouro Preto, Brazil
T. P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
P. Männik, Tallinn, Estonia
A. I. Nikolaev, Apatity, Russia
B. M. Osovetsky, Perm, Russia
Yu. F. Patrakov, Kemerovo, Russia
I. V. Pekov, Moscow, Russia
V. N. Puchkov, Yekaterinburg, Russia
D. Yu. Pushcharovsky, Moscow, Russia
A. M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Sh. Sun, Mianyang, China
C. M. Soja, Hamilton, NY, USA
O. V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
M. A. Fedonkin, Moscow, Russia
A. G. Shelomentsev, Syktyvkar, Russia

Technical Editor G. N. Kablis

Managing Editor T. A. Nekuchaeva

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выходит ежемесячно. Основан в 1995 году академиком Н. П. Юшкиным.

Предыдущее название:

Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ журнала (2020) – 0,532

Журнал издается
под научно-методическим руководством
Отделения наук о Земле РАН



SCIENTIFIC JOURNAL

Monthly issued. Founded in 1995
by Academician N. P. Yushkin.

Former title:

Vestnik of Institute of Geology of Komi SC UB RAS

Five-year RSCI
impact factor (2020) – 0.532

The journal is published under
the research and methodological guidance
of the RAS Department of Earth Sciences

Содержание

Content

Научные статьи	Scientific articles
Костные остатки млекопитающих с палеолитической стоянки Ушбулак (Северо-Восточный Казахстан): археологический контекст, минералого-геохимические свойства и палеоэкологические реконструкции <i>В. И. Силаев, А. А. Анойкин, Г. Д. Павленок, А. Ф. Хазов, В. Н. Филиппов, Д. В. Киселёва, С. Н. Шанина, Б. А. Макеев, К. К. Уразова</i>3	Bone remains of mammals from the Paleolithic site Ushbulak (North-Eastern Kazakhstan): archaeological context, mineralogical and geochemical properties and paleoecological reconstructions <i>V. I. Silaev, A. A. Anoykin, G. D. Pavlenok, A. F. Khazov, V. N. Filippov, D. V. Kiseleva, S. N. Shanina, B. A. Makeev, K. K. Urazova</i>3
Бронзолитейное производство вычегодских пермян (по материалам нижневыхегодского Чезтыягского могильника) <i>И. С. Астахова, Э. А. Савельева</i>38	Bronze casting of the Vychegda Permians (based on the materials of the Lower-Vychegda Chezhtyyag burial ground) <i>I. S. Astakhova, E. A. Savelyeva</i>38
Биогеосорбент «Геолекс»: внедрение технологий в практику <i>Т. Н. Шемелинина, Е. М. Анчугова, О. Б. Котова</i>51	The Geolex Biogeo sorbent: practical application of technologies <i>T. N. Shchemelinina, E. M. Anchugova, O. B. Kotova</i>51
Вклад Б. И. Гуслицера в изучение геологии квартера и палеолита Европейского Северо-Востока <i>Л. Н. Андричева, П. Ю. Павлов</i>57	B. I. Guslitser's contribution to the study of Quaternary geology and Paleolithic of the European North-East <i>L. N. Andreicheva, P. Yu. Pavlov</i>57

Правила
оформления
статей



Vestnik
article
Formatting



Костные остатки млекопитающих с палеолитической стоянки Ушбулак (Северо-Восточный Казахстан): археологический контекст, минералого-геохимические свойства и палеоэкологические реконструкции

В. И. Силаев¹, А. А. Анойкин², Г. Д. Павленок², А. Ф. Хазов¹, В. Н. Филиппов¹,
Д. В. Киселёва³, С. Н. Шанина¹, Б. А. Макеев¹, К. К. Уразова³

¹Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; *silae@geo.komisc.ru*

²Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск

³Институт геологии и геохимии УрО РАН им. А. Н. Заварицкого, Екатеринбург

Проведены комплексные минералого-геохимические исследования ископаемых костей растительноядных млекопитающих на уникальной палеолитической стоянке Ушбулак (Северо-Восточный Казахстан), датирующей в диапазоне от 45 до менее 10 тыс. л. н. Описаны геологические условия залегания костного детрита и литолого-минералогические свойства костеносных грунтов. Проанализированы микростроение костей, состав иллиuviрованной в них минеральной примеси, эпигенетические минералы, состав микроэлементов, кристаллохимические свойства биоапатита, термические свойства, элементный и аминокислотный состав костного коллагена. Выявлены закономерности изменения свойств ископаемых костей в процессе их фоссилизации. Изучен изотопный состав С, О в биоапатите, С, N в костном коллагене, осуществлены палеоклиматические и палеоэкологические реконструкции.

Ключевые слова: палеолит, стоянка Ушбулак, ископаемые кости, минералого-геохимические свойства, палеоклиматические и палеоэкологические реконструкции.

Bone remains of mammals from the Paleolithic site Ushbulak (North-Eastern Kazakhstan): archaeological context, mineralogical and geochemical properties and paleoecological reconstructions

V. I. Silaev¹, A. A. Anoykin², G. D. Pavlenok², A. F. Khazov¹, V. N. Filippov¹,
D. V. Kiseleva³, S. N. Shanina¹, B. A. Makeev¹, K. K. Urazova³

¹Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar, *silae@geo.komisc.ru*

²Institute of Archeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk

³Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg

Comprehensive mineralogical and geochemical studies of fossil bones of herbivorous mammals were carried out at the unique Paleolithic site Ushbulak (North-East Kazakhstan), dating from 45 to less than 10 thousand years ago. The geological conditions of the occurrence of fossil bones and the lithological and mineralogical properties of bone-bearing soils are described. The microstructure of bones, the composition of impurities illuviated in them, epigenetic minerals, the composition of microelements, the crystallochemical properties of bioapatite, thermal properties, and the elemental and amino acid composition of bone collagen were analyzed. Regularities of changes in the properties of fossil bones in the process of their fossilization are revealed. The isotopic composition of C, O in bioapatite, C, N in bone collagen was studied, and paleoclimatic and paleoecological reconstructions were carried out.

Keywords: Paleolithic, Ushbulak site, fossil bones, mineralogical and geochemical properties, paleoclimatic and paleoecological reconstructions.

Светлой памяти Н. П. Юшкина и А. А. Кораго — основоположников отечественной биоминералогии — посвящается

Введение

Многослойная позднепалеолитическая стоянка Ушбулак была открыта в 2016 г. в Зайсанском районе Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан (85°13' с. ш., 49°24' в. д) в ходе разведочных работ Российско-Казахстанской экспедиции [1, 2, 20, 28].

На стоянке в ходе раскопок (рис. 1, а, б) были обнаружены многочисленные костные остатки неоплейстоценовых животных, выборочная коллекция которых, состоящая из 13 образцов, относящихся к диким лошадям, куланам и архарам (рис. 1; табл. 1), была передана в Институт геологии Коми НЦ УрО РАН для ком-

Для цитирования: Силаев В. И., Анойкин А. А., Павленок Г. Д., Хазов А. Ф., Филиппов В. Н., Киселёва Д. В., Шанина С. Н., Макеев Б. А., Уразова К. К. Костные остатки млекопитающих с палеолитической стоянки Ушбулак (Северо-Восточный Казахстан): археологический контекст, минералого-геохимические свойства и палеоэкологические реконструкции // Вестник геонаук. 2022. 4(328). С. 3–37. DOI: 10.19110/geov.2022.4.1.

For citation: Silaev V. I., Anoykin A. A., Pavlenok G. D., Khazov A. F., Filippov V. N., Kiseleva D. V., Shanina S. N., Makeev B. A., Urazova K. K. Bone remains of mammals from the Paleolithic site Ushbulak (North-Eastern Kazakhstan): archaeological context, mineralogical and geochemical properties and paleoecological reconstructions. Vestnik of Geosciences, 2022, 4(328), pp. 3–37, doi: 10.19110/geov.2022.4.1.

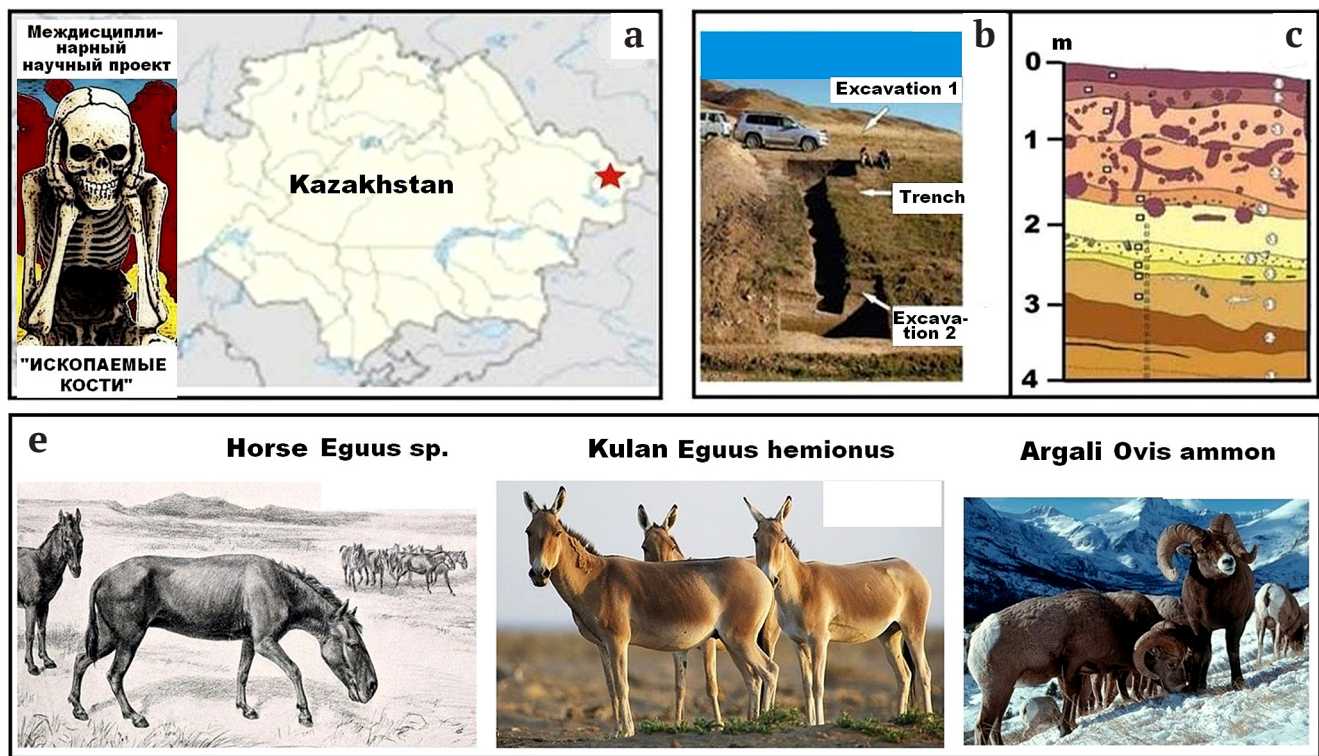


Рис. 1. Местонахождение палеолитической стоянки Ушбулак (а, показано звездочкой); траншея и раскопы, вскрывшие культурно-хронологические комплексы (b); схематический разрез костеносных отложений в юго-восточной стенке раскопа № 1 [7, 8] (c); животные, костные остатки которых найдены на стоянке (d)

Fig. 1. The location of the Paleolithic site Ushbulak (a, shown by an asterisk); a trench and excavations that uncovered cultural and chronological complexes (b); a schematic section of bone-bearing deposits in the southeastern wall of excavation No. 1 [7, 8] (c); animals inhabiting the site (d)

Таблица 1. Реестр исследованных образцов ископаемых костей со стоянки Ушбулак

Table 1. Register of studied samples of fossil bones from the Ushbulak site

№ обр. Sample No.	Полевой № обр. Field sample No.	Год раскопок Year of excavations	Костеносный слой, горизонты Bonebearing layer, horizons	Вид животного Animal species	Остеологическая привязка Osteological binding	Геологический возраст, тыс. л. н. Geological age, thousand years ago	Исторические периоды History periods
1	n-4	2019	1	не опр. n/d	трубчатая кость tubular bone	10	мезолит, эпоха палеометалла mesolithic, paleometal era
2	72	2017	2.2	«	«	15–10	поздний палеолит, финальный этап late paleolithic final stage
3	12	2019	3.3	«	«	20–15	
4	94	2017	4.1	«	«	25–20	
5	100	2019	5.1	«	«	25–20	поздний палеолит, средний этап late paleolithic middle stage
6	102	2019	5.1	«	«	25–20	
7	298	2018	6.3	«	«	45–40	
8	678	2018	6.4	«	«	45–40	поздний палеолит, начальный этап late paleolithic initial stage
9	791	2018	6.5	«	«	45–40	
10	1229	2018	6.8	Ovis ammon	шейный позвонок cervical vertebra	45–40	
11	876	2017	6.9	не опр. n/d	трубчатая кость tubular bone	45–40	
12	1270	2017	7.1	«	«	50–45	
13	1053	2017	7.1	Equus sp.	зуб верхней челюсти upper jaw tooth	50–45	



плексных минералого-геохимических исследований. В этой связи настоящую статью можно считать результатом истинно мультидисциплинарных научных исследований — археологических, палеонтологических, литологических, минералогических, геохимических.

Хронологически последовательность исследованных костных образцов соответствует интервалу от начала Средне-Валдайского интерстадиала, характеризовавшегося относительно теплым климатом (MIS 3), до конца Поздне-Валдайского ледникового (MIS 2) и далее до начала современного теплого периода (MIS 1). Тем самым изученная коллекция ископаемых костей демонстрирует редкую по хронологической продолжительности и практически непрерывную последовательность от конца среднего палеолита до раннего мезолита, хорошо коррелирующую с обоими важнейшими периодами эволюции климата в конце неоплейстоцена (рис. 2). При этом в пределах Средне-Валдайского интерстадиала наиболее древние кости отвечают потеплению Ленинград — Моерсхофт (обр. 11—13) и более позднему периоду резких колебаний климата с потеплением Ленинград — Хенгело в середине (обр. 7—10). Более молодые кости соответствуют периоду кратковременного потепления на максимуме Поздне-Валдайского ледникового (обр. 5, 6) и далее пост-LGM-периоду (обр. 4), времени Бёллингского и Аллерёдского потеплений (обр. 3), резкому предголоценовому потеплению после позднедриасового похолодания (обр. 2) и, наконец, началу голоценового теплого периода (обр. 1).

Таким образом, все исследованные нами костные образцы приходятся на теплые времена, что особенно четко видно на диаграмме Г. Гросса (рис. 2, b) — Средне-Валдайский интерстадиал, кратковременные

относительно теплые интервалы в рамках Поздне-Валдайского ледникового, предголоценовое постледниковье и голоценовое потепление.

Следует отметить, что в хронологический интервал ушбулакских костей укладываются и костные остатки неоплейстоценовых лошадей со множества стоянок от Западной Европы до Аляски, включая наиболее изученную палеолитическую стоянку Заозерье на Среднем Урале [9, 17].

Археологический контекст

Многослойная палеолитическая стоянка Ушбулак находится в предгорье на высоте 1500 м в северо-восточной оконечности Шиликтинской долины, в верхнем течении руч. Восточный. Предполагаемая площадь стоянки составляет около 1000 м². В настоящее время на памятнике заложено два раскопа и 12 шурфов, общей площадью 40 кв. м. Вскрыт геологический разрез рыхлых осадков, состоящий из восьми слоев, в семи из которых обнаружен археологический материал. Наиболее массовый и выразительный материал (около 16 000 экз.), залегающий в слоях 7—5.2, соответствует самым ранним этапам верхнепалеолитической эпохи. Вышезалегающие слои демонстрируют переход от среднего этапа верхнего палеолита к его финальному периоду.

Выделение каменных индустрий начального верхнего палеолита стало одним из заметных достижений археологии палеолита конца XX века. Первоначально эти комплексы были охарактеризованы на примере материалов стоянки Бокер-Тахтит и грота Ксар-Акил (Левант), в настоящее время они идентифицированы

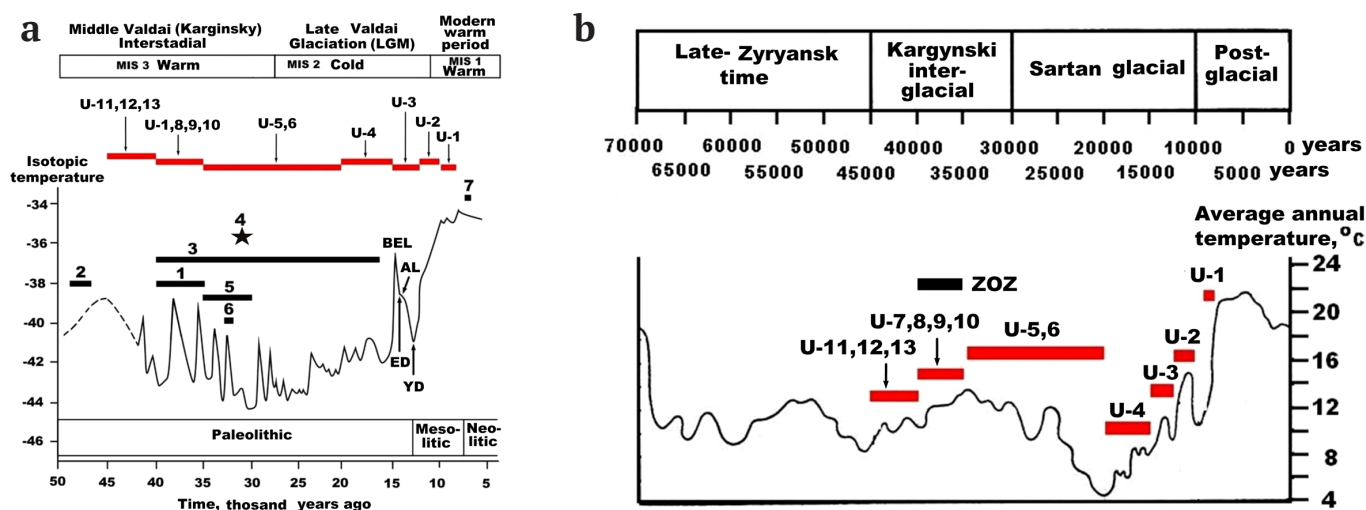


Рис. 2. Корреляция возраста ископаемого костного детрита со стоянки Ушбулак (U) и костных остатков плейстоценовых лошадей (1—7) с изотопной температурой прижизненной среды их обитания на современной диаграмме климатической периодизации позднего плейстоцена (a) и аналогичной диаграмме Г. Гросса [23] (b).

Плейстоценовые лошади: 1 — стоянка Заозерье (ZOZ), Средний Урал; 2 — Германия; 3 — Якутия; 4 — Нидерланды; 5 — Аляска; 6 — Западная Чукотка; 7 — Румыния. MIS — морские кислород-изотопные стадии. БЕЛ, АЛ — периоды соответственно Бёллингского и Аллерёдского потеплений; РД, ПД — периоды предголоценовых похолоданий, соответственно ранний и поздний дриас

Fig. 2. Correlation of the age of fossil bone detritus from the Ushbulak site (U) and bone remains of Pleistocene horses (1—7) with the isotope temperature of their living environment in the modern diagram of climatic periodization of the Late Pleistocene (a) and a similar diagram by G. Gross [23] (b).

Pleistocene horses: 1 — Zaozerye site (ZOZ), Middle Urals; 2 — Germany; 3 — Yakutia; 4 — the Netherlands; 5 — Alaska; 6 — Western Chukotka; 7 — Romania. MIS — marine oxygen isotope stages. БЕЛ, АЛ — periods of the Böiling and Allerød warmings, respectively; ED, YD — periods of pre-Holocene cooling, respectively, the Early and Late Dryas

во многих районах Евразии [3, 22]. Первой и пока единственной стоянкой с каменными артефактами начального верхнего палеолита на территории Средней Азии является именно Ушбулак [28].

Каменная индустрия нижних слоев этой стоянки в первичном расщеплении характеризуется абсолютным преобладанием двухплощадочных нуклеусов встречного пластинчатого раскалывания; доминированием среди сколов пластин, в т. ч. крупных, длиной до 30 см; широким использованием пикетажа при подготовке зоны расщепления. Орудийный набор включает концевые скребки, интенсивно ретушированные пластины, тронкированно-фасетированные и шиповидные изделия, а также специфические орудийные формы: пластина с перехватом, изделия с вентральной подтеской проксимального края, скошенное острие, остроконечник и скребок с насадом, нуклеусы-резцы, бифас. Это позволяет уверенно атрибутировать данный комплекс начальным этапом верхнего палеолита [18, 21].

Верхние слои стоянки Ушбулак существенно беднее археологическим материалом (около 1 300 экз.), однако в них также обнаружены типы изделий, позволяющие охарактеризовать особенности каменного производства. Так, в первичном расщеплении в слоях 5.1—4 фиксируются торцовые и одноплощадочные двухфронтальные формы нуклеусов для микропластин и мелких пластин. Для слоя 3 характерны вариации мелкопластинчатых и микропластинчатых двухплощадочных нуклеусов со встречным скалыванием и торцовые формы, а в наиболее поздних материалах (слой 2) фиксируется проявление призматического расщепления. Орудийный набор довольно однообразен: единичные скребки разных модификаций, ножи и микропластины с ретушью.

В ходе раскопок 2016—2019 гг. на рассматриваемой стоянке в разных слоях найдено более 500 неопределимых фрагментов костей копытных среднего размерного класса (лошадь — архар). Размер обломков составляет в основном от 1—2 до 2—5 см. Редкие определимые остатки зафиксированы в слоях 2, 3, 6 и 7. Они представлены в основном зубами и их фрагментами. Видовой состав палеоживотных одинаков для всех слоев — архар *Ovis ammon*, сибирский горный козел *Capra sibirica* и кулан *Equus hemionus*. Кроме того, встречаются, вероятно, костные остатки лошади *Equus sp.* Признаков мелкой териофауны в отложениях стоянки не обнаружено.

Хронология памятника была установлена на основании большой серии OSL-(люминесценция) и нескольких AMS (радиоуглеродная ускорительная масс-спектрометрия) датировок. Согласно полученным данным, выделенные на основании анализа археологического материала и стратиграфии слои хронологически подразделяются на три группы [5]: 1) слои 7.2—5.2 с возрастом 47—37 тыс. л. н.; 2) слои 5.1—4 с возрастом 22—19 тыс. л. н.; 3) слои 3.3—2.1 с возрастом 17—15 тыс. л. н. По технико-типологическим характеристикам артефактов, их датировкам и стратиграфическому положению, а также по сопровождающим артефакты остаткам фауны на Ушбулакской стоянке были диагностированы четыре основных культурно-хронологических комплекса [29]: 1) начальных этапов верхнего палеолита (слои 7—5.2); 2) развитого верхнего палеолита

(слои 5.1—4); 3) финального верхнего палеолита (слои 3—2); 4) эпохи палеометалла (слой 1).

В целом стоянка Ушбулак является уникальным не только для Казахстана, но и для всей Средней Азии археологическим объектом, на котором в согласном залегании сохранились индустрии разных этапов верхнего палеолита. Это позволяет восстановить точную хронологию бытования и смены палеолитических культур на протяжении всей второй половины позднего плейстоцена.

Разрез костеносных отложений

Костеносные отложения на стоянке Ушбулак генетически могут быть определены как склоновые, фациально варьирующиеся от делювиальных к коллювиальным и далее пролювиальным, включая в некоторых интервалах склоновые флювиогляциальные [2, 6]. В разрезе этих отложений, по данным В. А. Ульянова, наблюдается следующая последовательность слоев (сверху вниз).

Слой 1 — делювиальные отложения: 1.1 — гумусовый интервал современной почвы, сложенной темноцветной алевритистой супесью; 1.2 — темно-бурая алевритистая супесь с мелкой дресвой. Общая мощность 0.4—0.5 м. *Костный обр. 1.*

Слой 2 — делювиальные отложения: 2.1 — светло-серые алевритистые супеси, неравномерно насыщенные мелкощепнисто-дресвяным материалом; 2.2 — серые алевритистые супеси с дресвой и мелким щебнем выветрелых гранитоидов; 2.3 — светло-серые алевритистые супеси с дресвой и щебнем выветрелых гранитоидов. Общая мощность 1.2 м. *Костный обр. 2 и смыв с него грунта.*

Слой 3 — делювиально-солифлюкционные отложения: 3.1 — суглинки бурые и светло-бурые, плотные, с карбонатным цементом; 3.2 — супеси щебнисто-дресвяные, с единичными неокатанными обломками выветрелых гранитоидов, образованные в условиях чередования периодов промерзания и оттаивания; 3.3 — супеси алевритистые, светло-бурые, с дресвой и линзочками (0.1—0.5 мм) Fe-Mn-оксигидроксидов в приподошвенной части прослоя. Общая мощность 0.75 м. *Костный обр. 3 и смыв с него грунта.*

Слой 4 — делювиальные отложения: 4.1 — супеси серые, с дресвой и щебнем выветрелых гранитоидов; 4.2 — супеси охристые, бурого цвета, вблизи границы с вышележащим прослоем наблюдаются скопления Fe-Mn-оксигидроксидов. Общая мощность 0.85—0.9 м. *Костный обр. 4.*

Слой 5 — делювиально-коллювиальные отложения: чередование плохо сортированных серых, бурых и светло-бурых разнородных песков, супесей и суглинков с примесью дресвы и мелкого щебня. Установлены обломки разного петрографического состава со следами антропогенного воздействия. Мощность 0.5 м. *Костные обр. 5, 6 и смыв грунта 6.*

Слой 6 — делювиально-пролювиальные отложения, отражающие изменение рельефа и перестройку речной сети: 6.1—6.5 — суглинки серые, с обильной дресвой, в переслаивании с гумусированными супесями; 6.6—6.8 — суглинки сероцветные, с нечеткой субгоризонтальной микрослоистостью и редким щебнем выветрелых гранитоидов, в приподошвенной части на-



блюдаются светло-бурые линзы дресвяно-песчаного материала. В целом в направлении снизу вверх по слою наблюдается тенденция к гранулометрическому огрублению и увеличению содержания дресвяно-щебнистой фракции. *Костные обр. 7–11 и смывы с них грунта, гранулометрические фракции смытых грунтов 7 и 11.*

Слой 7 — делювиальные отложения из небольшого ручья, перемывавшего нижележащий слой: супеси бурого цвета, с обильным дресвяно-щебнистым материалом, содержание которого достигает 50 %. Обломки уплощенной формы, неокатанные, но со следами соударений в водном потоке. Петрографический состав обломков — черные, темно-серые и серые песчаники, сланцеватые алевролиты, изредка выветрелые гранитоиды. *Костные обр. 12, 13, смыв грунта с обр. 12 и гранулометрические фракции этого смыва.*

Слой 8 — пролювиальные отложения (конус селевой аккумуляции): плохо сортированные суглинки бурого цвета, со значительной примесью щебнисто-дрес-

вяного материала и единичными глыбами. Обломки без признаков механической обработки, по составу — песчаники, алевролиты, изредка выветрелые гранитоиды и андезибазальты.

Представление о гранулометрическом и химическом составе костеносных грунтов дает материал, смытый с костных образцов 2, 3, 6–13. Полученный смыв с образцов 7, 11, 12 оказался достаточным для осуществления гранулометрического анализа ситовым методом, результаты которого позволяют сделать следующее заключение.

Налипший на кости материал грунтов характеризуется сложным гранулометрическим составом, включая фракции гравия, разнозернистых песков и алеврита (рис. 3–5, табл. 2). Это более или менее согласуется с вышеприведенными данными. При этом смытые грунты статистически отвечают пескам гравийно-алевритовым, пескам и пескам алевритовым, а в части песчаных фракций они являются псаммомикститами (рис. 6).

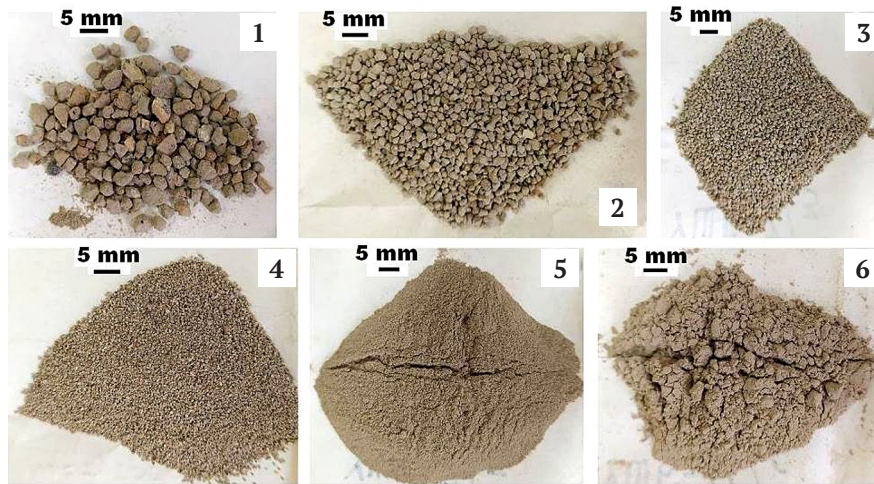


Рис. 3. Гранулометрические фракции грунта, смытого с костного обр. 7. Фракции: 1 — гравийная (+2 мм), 2 — песчаная грубозернистая (-2+1 мм), 3 — песчаная крупнозернистая (-1+0.5 мм), 4 — песчаная среднезернистая (-0.5+0.25 мм), 5 — песчаная мелко-тонкозернистая (-0.25+0.05 мм), 6 — алевритовая (-0.05 мм)

Fig. 3. Granulometric fractions of the soil washed off from the bone sample 7. Fractions: 1 — gravel (+2 mm), 2 — sandy coarse-grained (-2 + 1 mm), 3 — sandy coarse-grained (-1 + 0.5 mm), 4 — sandy medium-grained (-0.5 + 0.25 mm), 5 — fine-grained sandy (-0.25–0.05 mm), (6) silty (-0.05 mm)



Рис. 4. Гранулометрические фракции грунта, смытого с костного обр. 11

Fig. 4. Granulometric fractions of the soil washed away from the bone sample 11



Рис. 5. Гранулометрические фракции грунта, смытого с костного обр. 12
 Fig. 5. Granulometric fractions of the soil washed away from the bone sample 12

Таблица 2. Гранулометрический состав смытых с костей грунтов
 Table 2. Granulometric composition of soils washed off the bones

№ обр. Sample No	Гранулометрия, мм Granulometry, mm	Фракция / Fraction	Вес, г Weight, g	Доля, % Share, %
7/1	+2	гравий / gravel	3.92	8.14
7/2	-2+1	пески гр/з / sands r/c	7.853	16.32
7/3	-1+0.5	пески кр/з / sands gr/c	10.116	21.02
7/4	-0.5+0.25	пески ср/з / sands m/c	7.139	14.83
7/5	-0.25+0.06	пески м-т/з / sands m-f/c	12.515	26.0
7/6	-0.06	алевриты / silts	6.589	13.69
Итого / Total			48.132	100
11/1	+2	гравий / gravel	1.075	8.64
11/2	-2+1	пески гр/з / sands r/c	2.473	19.89
11/3	-1+0.5	пески кр/з / sands gr/c	2.59	20.83
11/4	-0.5+0.25	пески ср/з / sands m/c	2.54	20.42
11/5	-0.25+0.06	пески м-т/з / sands m-f/c	2.709	21.78
11/6	-0.06	алевриты / silts	1.049	8.44
Итого / Total			12.436	100
12/1	+2	гравий / gravel	5.675	12.79
12/2	-2+1	пески гр/з / sands r/c	7.861	17.71
12/3	-1+0.5	пески кр/з / sands gr/c	9.192	20.71
12/4	-0.5+0.25	пески ср/з / sands m/c	6.563	14.79
12/5	-0.25+0.06	пески м-т/з / sands m-f/c	9.751	21.97
12/6	-0.06	алевриты / silts	5.335	12.03
Итого / Total			44.377	100

Примечание. Валовый гранулометрический состав образцов: 7 — пески алевритовые, 11 — пески, 12 — пески гравийно-алевритовые.

Note. Gross granulometric composition of samples: 7 — silty sands, No. 11 — sands, No. 12 — gravel-silty sands.

Такой гранулометрический состав хотя и отличает рассматриваемые грунты от гораздо более грубообломочных несортированных пещерно-элювиальных грунтов, но при этом тоже демонстрирует довольно низкий уровень сортировки обломочного материала, что вполне соответствует выводу о делювиально-пролювиальной природе костеносных отложений на Ушбулаке.

Фазовый состав грунтов, смытых с исследуемых костей, определялся рентгенодифракционным методом. Диагностика породообразующих минералов в грунтах осуществлена на основе следующих рентгеновских отражений (Å, в скобках — кристаллографические индексы):

Кварц = 4.25–4.26 (100); 3.34–3.35 (101); 2.45–2.46 (110); 2.28 (102); 2.23–2.24 (111); 2.13 (200); 1.98–1.981 (201); 1.817–1.819 (112); 1.80 (003); 1.671–1.673 (202); 1.659–1.66 (103); 1.601 (210).

Альбит = 6.39–6.41 (100); 4.04–4.05 (20 $\bar{1}$); 3.86–3.88 (1 $\bar{1}$ 1); 3.77–3.78 (111); 3.66–3.68 (130); 3.19–3.20 (002); 3.15 (220); 2.93–2.94 (02 $\bar{2}$); 2.65 (132); 2.55–2.56 (241); 2.13 (060); 1.601 (210).

Мусковит = 9.98–10.15 (001); 4.99–5.01 (002); 1.994–2.004 (005).

Хлориты = 14.33–14.53 (001); 7.06–7.13 (002); 4.73–4.75 (003); 3.54–3.55 (004); 2.85–2.86 (005); 2.38–2.39 (006).

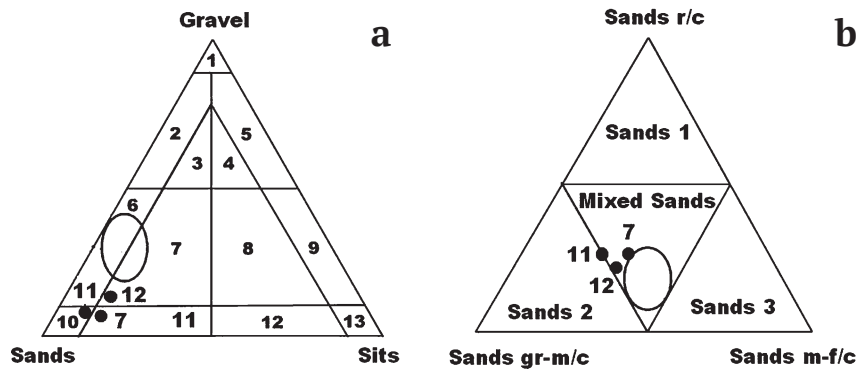


Рис. 6. Гранулометрический состав грунтов, смытых с костных образцов 7, 11, 12 (а) и оценка гранулометрического состава их песчаной компоненты (б).

Поля на а: 1 — гравий; 2–5 — гравий соответственно песчаный, глинисто-песчаный, песчано-глинистый и глинистый; 6–9 — пески соответственно гравийные, глинисто-гравийные, гравийно-глинистые и глинистые; 10 — пески; 11 — пески глинистые; 12 — алевриты песчаные; 13 — алевриты. Поля на б: пески 1 — преимущественно грубозернистые, пески 2 — крупно-среднезернистые, пески 3 — мелко-тонкозернистые, псаммомикститы — несортированная гранулометрическая смесь песков. Окружностями показаны поля гранулометрического состава элювиальных костеносных грунтов в пещере Иманай [13].

Fig. 6. Granulometric composition of soils washed off from bone samples 7, 11, 12 (a) and assessment of the granulometric composition of their sandy component (b).

Fields on a: 1 — gravel; 2–5 — gravel, respectively, sandy, clayey-sandy, sandy-clayey and clayey; 6–9 — gravel, clayey-gravelly, gravel-clayey and clayey sands, respectively; 10 — sands; 11 — clayey sands; 12 — sandy silts; 13 — silts. Fields on b: sands 1 are predominantly coarse-grained, sands 2 are coarse-medium-grained, sands 3 are fine-grained, mixed sandss are an unsorted granulometric mixture of sands. The circles show the particle size distribution fields of eluvia bone-bearing soils in Imanay Cave [13]

Na-Ca-Mg-амфибол = 8.44–8.48 (110); 4.49–4.51 (040); 3.25 (240); 3.13–3.14 (310); 2.94 (221); 2.55 (241); 2.39 (350); 2.16 (332); 2.02–2.004 (351).
Mg-Fe-ортопироксен = 3.24–3.25 (220); 3.00 (22̄); 2.95 (310); 2.56–2.57 (1̄31); 2.53 (002); 2.13 (33̄).
Кальцит = 3.85–3.87 (102); 3.03 (104); 2.83–2.85 (006); 2.49 (110); 2.28 (113); 2.09 (202); 1.924 (204); 1.909–1.911 (108); 1.871–1.872 (116); 1.601–1.603 (212).

Апатит = 3.88 (111); 3.45–3.47 (002); 3.06 (210); 2.78–2.8 (112); 2.71–2.72 (300); 2.6–2.64 (202); 1.936–1.938 (222); 1.879(312); 1.83–1.849 (213); 1.784 (321); 1.721 (004).

Полученные данные свидетельствуют о преимущественно кварц-альбит-хлорит-слюдистом составе костеносных грунтов с постоянной примесью апатита, частой примесью кальцита и спорадической при-

Таблица 3. Валовый химический (мас. %) и нормативно-минеральный (мол. %) состав грунтов, смытых с костных образцов

Table 3. Gross chemical (wt. %) and normative-mineral (mol. %) composition of soils washed off from bone samples

Компоненты Components	Костные образцы / Bone Samples									
	2	3	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	29.93	52.2	45.59	60.04	31.61	47.54	27.13	58.13	59.58	47.53
TiO ₂	0.59	0.42	0.53	0.51	0.37	0.49	0.32	0.49	0.54	0.46
Al ₂ O ₃	11.1	17.85	15.92	19.72	12.49	16.21	9.49	18.77	19.57	16.73
Fe ₂ O ₃	4.1	4.17	6.14	5.15	3.09	3.87	6.42	6.05	5.42	6.68
MnO	0.13	1.13	0.1	0.09	0.08	0.07	0.07	0.09	0.09	0.13
MgO	3.5	3.09	3.5	3.45	1.71	2.55	1.81	2.86	3.44	2.42
CaO	38.93	14.14	14.55	4.82	28.52	15.22	30.71	5.69	4.76	12.59
SrO	0.09	0.07	0.04	0.08	0.05	0.03	0.09	0.06	0.05	0.11
Na ₂ O	1.1	2.19	1.24	1.59	0.98	1.4	1.02	2.07	1.71	1.95
K ₂ O	2.24	2.83	2.46	3.25	1.72	2.51	1.69	3.27	3.32	2.54
P ₂ O ₅	7.76	1.8	8.83	1.22	19.2	10.01	21.1	2.42	1.48	8.8
SO ₃	0.53	0.11	0.09	0.09	0.18	0.11	0.16	0.09	0.04	0.06
кварц / quartz	11.18	25.91	25.73	33.81	29.25	26.31	12.95	34.95	31.85	19.87
альбит / albite	10.09	20.11	11.5	15.35	7.91	12.97	9.76	18.93	15.59	18.83
слюда / mica	18.99	20.85	21.05	28.95	12.83	21.46	14.95	27.61	27.91	22.63
хлорит / chlorites	9.95	8.81	10.06	10.33	4.29	7.31	5.38	2.44	9.71	9.7
кальцит / calcite	28.54	11.97	2.92	3.33	2.74	1.98	2.95	2.43	2.8	1.02
апатит / apatite	17.58	3.86	19.24	2.92	36.45	21.8	47.34	5.32	3.21	19.9
рутил / rutile	0.42	0.3	0.38	1.38	0.23	0.35	0.24	0.35	0.38	0.35
гётит / goethite	3.25	8.19	9.12	3.93	6.32	7.82	6.43	7.97	8.55	7.7

Таблица 4. Химический (мас. %) и нормативно-минеральный (мол. %) состав гранулометрических фракций в грунтах, смытых с костных образцов

Table 4. Chemical (wt.%) and normative-mineral (mol.%) compositions granulometric fractions in soils washed off from bone samples

Компоненты Components	7							11						12					
	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	11/1	11/2	11/3	11/4	11/5	11/6	12/1	12/2	12/3	12/4	12/5	12/6
SiO ₂	52.92	58.51	58.55	58.45	58.15	60.69	56.84	58.46	57.99	58.04	58.65	57.71	60.57	60.44	59.93	59.69	58.7	60.19	
TiO ₂	0.52	0.44	0.48	0.52	0.61	0.63	0.43	0.36	0.36	0.46	0.41	0.63	0.44	0.43	0.48	0.5	0.6	0.61	
Al ₂ O ₃	18.73	19.75	19.98	20.03	20.45	20.61	19.3	19.31	19.43	18.96	19.1	19.33	18.09	20.23	19.91	19.98	19.69	20.17	
Fe ₂ O ₃	4.89	4.66	5.01	4.88	5.58	5.54	5.48	4.5	4.86	5.39	5.18	7.28	4.4	4.21	4.85	5.11	6.1	6.41	
MnO	0.1	0.08	0.09	0.09	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.1	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	
MgO	3.21	2.94	3.03	3.33	4.16	3.77	2.53	2.46	2.61	2.73	2.71	3.50	2.85	2.83	3.17	3.37	3.91	3.57	
CaO	9.72	6.19	5.78	5.77	4.73	3.27	6.98	6.49	6.43	6.34	6.05	4.71	6.19	4.96	4.91	4.92	4.64	3.3	
SrO	0.1	0.09	0.08	0.07	0.05	0.02	0.11	0.12	0.11	0.09	0.09	0.03	0.08	0.1	0.08	0.07	0.05	0.03	
Na ₂ O	1.72	1.96	1.84	1.74	1.47	1.13	2.33	2.64	2.28	2.16	2.24	1.26	2.2	2.28	2.02	1.88	1.42	1.17	
K ₂ O	2.97	3.28	3.29	3.18	3.37	3.53	3.2	3.19	3.13	2.99	2.93	3.21	2.94	3.45	3.35	3.15	3.41	3.51	
P ₂ O ₅	5.06	2.05	1.77	1.84	1.27	0.69	2.54	2.32	2.66	2.68	2.49	2.15	2.07	0.96	1.18	1.22	1.33	0.9	
SO ₃	0.1	0.09	0.08	0.07	0.05	0.02	0.11	0.12	0.11	0.09	0.09	0.03	0.07	0.04	0.04	0.03	0.07	0.05	
Кварц / Quartz	31.62	33.02	30.6	31.19	30.95	35.07	25.26	13.02	31.1	29.79	30.14	32.25	29.93	29.34	31.54	31.62	44.86	34.77	
Альбит / Albite	14.76	17.81	16.76	15.82	13.55	10.32	23.95	37.81	20.73	19.72	20.43	11.58	19.92	20.61	18.98	17.07	0.13	10.7	
Слюда / Mica	23.54	27.53	27.65	26.73	28.27	29.73	26.8	26.72	26.3	25.19	24.65	27.27	28.83	28.81	29.06	26.41	28.78	29.69	
Хлорит / Chlorites	8.54	8.28	8.56	9.4	11.72	10.66	7.12	6.92	7.37	7.73	7.66	9.98	8.0	7.94	9.23	9.5	11.09	10.14	
Кальцит / Calcite	2.84	3.44	3.59	3.29	3.0	2.34	3.45	3.37	0.29	2.77	2.74	1.81	3.38	3.66	3.45	3.3	2.85	2.08	
Апатит / Apatite	10.23	4.46	3.9	4.03	0.43	1.54	5.68	5.04	5.76	5.82	5.38	4.77	4.51	2.09	2.65	2.64	2.97	2.02	
Рутил / Rutile	0.35	0.31	0.34	0.37	0.43	0.45	0.25	0.25	0.25	0.33	0.29	0.45	0.31	0.3	0.35	0.35	0.43	0.43	
Гётит / Goetite	8.12	8.15	8.8	9.17	9.47	9.9	7.49	6.87	8.1	8.65	8.71	11.89	5.12	7.2	4.74	9.11	8.89	10.17	

Примечание. Фракции: 1 — гравий, 2 — песок гр/з, 3 — песок кр/з, 4 — песок ср/з, 5 — песок м-г/з, 6 — алевроит.

Note. Fractions: 1 — gravel, 2 — sands r/c, 3 — sands gr/c, 4 — sands m/c, 5 — sands m-f/c, 6 — silts.



месью амфиболов и пироксенов. Последние два минерала подтверждают вышеотмеченный факт присутствия в составе грунтов материала магматических пород.

На основе данных рентгенофазового состава были осуществлены пересчеты химического состава грунтов на нормативно-минеральный состав. Полученные результаты (табл. 3) свидетельствуют о широких вариациях (мол. %): кварц 11—35, альбит 8—20, слюда 13—28, хлориты 2—11, апатит 3—36, кальцит 1—29, рутил 0—1.4, оксигидроксиды Fe-Mn-Al 3—9. Примесь апатита зарегистрирована во всех проанализированных грунтах, что, вероятно, обусловлено заражением грунтов дисперсным костным детритом. При этом максимальное обогащение таким материалом обнаруживается в слое 6. Обращает также на себя внимание постоянная примесь в грунтах кальцита, достигающая максимума в слоях 2 и 3.

В гранулометрических фракциях наблюдается довольно противоречивая картина (табл. 4). В образце смытого *грунта* 7 в направлении от гравийной фракции к алевритовой выявляются незакономерные колебания содержания кварца, тенденция к сокращению содержания альбита и апатита на фоне роста содержания слюды, хлоритов и оксигидроксидов. То есть здесь более мелкозернистые фракции относительно крупнозернистых обогащаются слюдой, хлоритами и Fe-Mn-Al-оксигидроксидами, но меньше содержат альбита и костного апатита. В образце смытого *грунта* 11 в том же направлении снижается содержание альбита и костного апатита, но незначительно увеличивается содержание хлоритов и оксигидроксидов. Содержания кварца и кальцита колеблются незакономерно. В образце смытого *грунта* 12 в направлении гранулометрической деградации фракций регистрируется снижение содержания альбита, но некоторое увеличение содержания кварца, хлоритов и оксигидроксидов. Содержание слюды изменяется незначительно, а содержание костного апатита колеблется незакономерно.

В обобщенном виде тенденции изменения нормативно-минерального состава в ряду гранулометрических фракций можно представить следующим образом. В направлении от гравийной фракции к алевритовой налипшие на кости грунты обедняются альбитом и костным апатитом, но обогащаются филлосиликатами (слюда, хлориты) и оксигидроксидами Fe-Mn-Al. Следует отметить, что смешанный состав последних, особенно значительная примесь в них алюминия, могут свидетельствовать о поступлении в склоновые отложения гипергенно-преобразованного материала, в частности «сапролитизированных гранитоидов».

На генеральной диаграмме нормативно-минерального состава практически все точки смытых с ушбулакских костей грунтов располагаются в области состава фосфат-карбонатсодержащих силикатолитов, существенно отклоняясь от поля составов костеносных пещерно-элювиальных грунтов (рис. 7). Последнее указывает на системно более низкую карбонатность и значительно меньше обогащение костным детритом ушбулакских делювиальных грунтов по сравнению с пещерными грунтами.

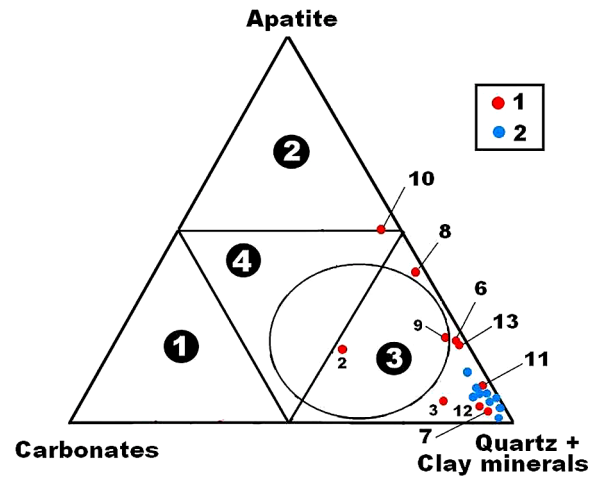


Рис. 7. Литохимическая типизация грунтов, смытых с костных образцов:

1 — валовые составы грунтов; 2 — составы гранулометрических фракций в грунтах, смытых с костных образцов 7, 11, 12. Поля на треугольнике составов: 1 — карбонатолиты, 2 — фосфатолиты, 3 — силикатолиты, 4 — фосфат-карбонат-силикатные микститы. Окружностью показана область составов элювиальных костеносных грунтов в пещере Иманай

Fig. 7. Lithochemical typification of soils washed off bone samples:

1 — bulk compositions of soils; 2 — compositions of grain size fractions in soils washed off from bone samples 7, 11, 12. Fields on the triangle of compositions: 1 — carbonatolites, 2 — phosphatolites, 3 — silicatolites, 4 — phosphate-carbonate-silicate mixtites. The circle shows the area of compositions of eluvial bone-bearing soils in the Imanay Cave

Костные остатки и методы исследований

Объектом минералого-геохимических исследований послужила коллекция костных остатков промысловых для палеолитических охотников млекопитающих со стоянки Ушбулак (рис. 8—11), остеологически идентифицированных как фрагменты трубчатых костей, шейного позвонка и зуба верхней челюсти. Образец 10 (шейный позвонок) отнесен к архару, образец 13 (зуб) — к лошади. Остальные кости к видам животных не привязаны, однако с большой вероятностью они могут быть остатками куланов и диких лошадей.

Исследованные кости несут лишь незначительные следы механической обработки, обусловленной некоторым переносом в геологической среде, и варьируются по размерам (мм, в скобках — объем образца в мм³): № 1 — 37 × 25 × 15 (13875); № 2 — 60 × 24 × 10 (14400); № 3 — 82 × 22 × 12 (21648); № 4 — 138 × 12 × 4 (6624); № 5 — 46 × 15 × 10 (6900); № 6 — 43 × 17 × 11 (8041); № 7 — 57 × 35 × 20 (39900); № 8 — 36 × 23 × 11 (9108); № 9 — 193 × 40 × 25 (193000); № 10 — 71 × 49 × 21 (73059); № 11 — 71 × 36 × 20 (51120); № 12 — 97 × 50 × 21 (101850); № 13 — 62 × 22 × 20 (27280). Статистические данные по объемам костных образцов различного геологического возраста (мм³, среднее ± СКО, в скобках — коэффициент вариации): № 1—3 (20—10 тыс. л. н.) = 16641 ± 4355 (26 %); № 4—6 (35—20 тыс. л. н.) = 7188 ± 751 (10 %); № 7—10 (40—35 тыс. л. н.) = 78767 ± 80508 (102 %); № 11—13 (50—45 тыс. л. н.) = 60083 ± 38084 (63 %). Из приведенных данных следу-

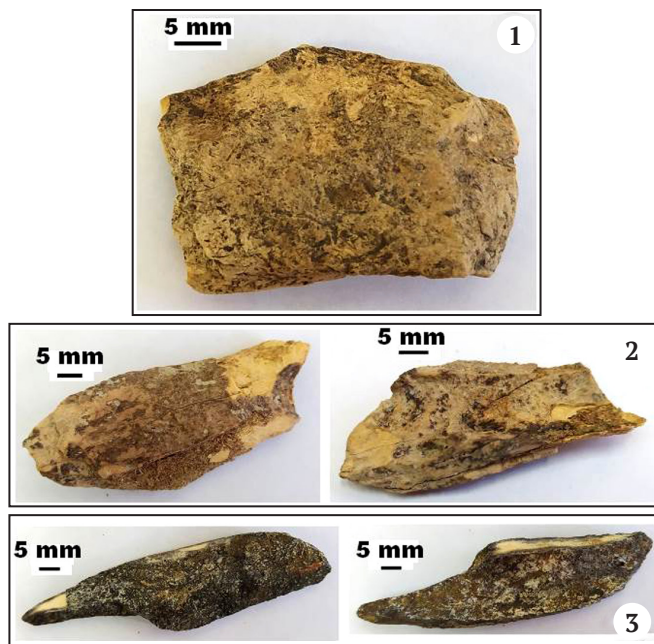


Рис. 8. Изображения костных образцов 1–3 (20–10 тыс. л. н.)

Fig. 8. Images of bone specimens 1–3 (20–10 Ka)

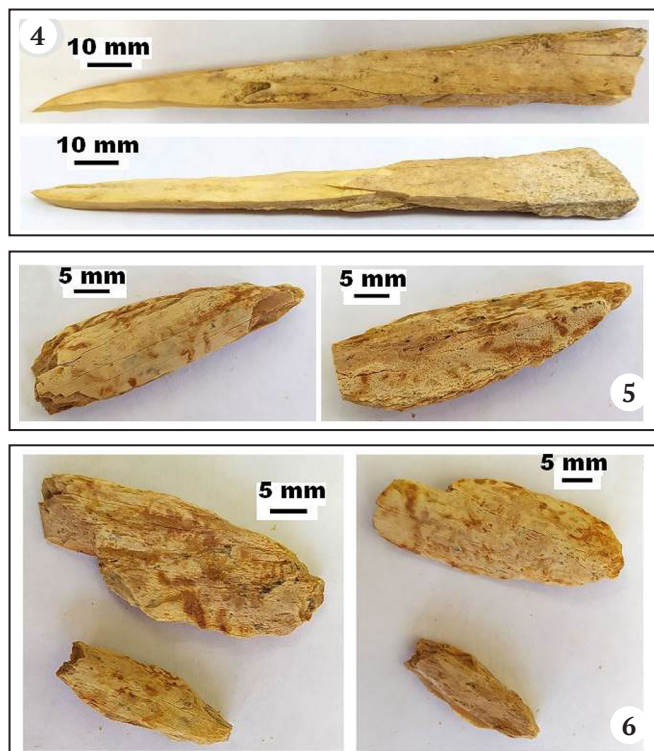


Рис. 9. Изображения костных образцов 4–6 (35–15 тыс. л. н.)

Fig. 9. Images of bone specimens 4–6 (35–15 Ka)

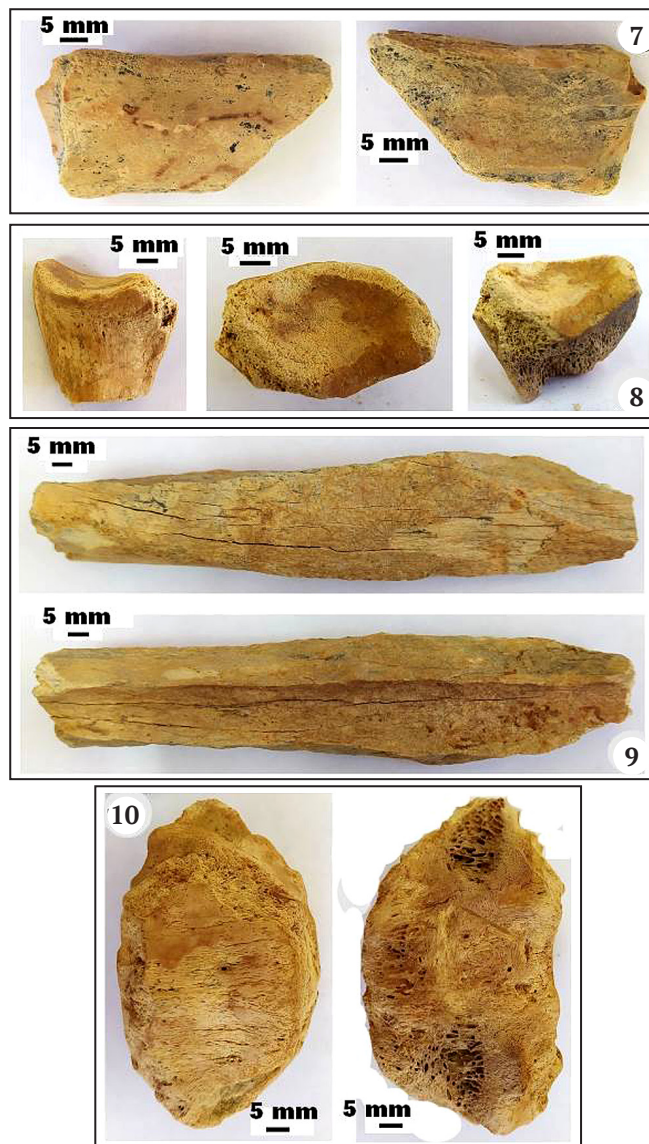


Рис. 10. Изображения костных образцов 7–10 (40–35 тыс. л. н.)

Fig. 10. Images of bone specimens 7–10 (40–35 Ka)

ет, что отобранные выше по геологическому разрезу и датированные более молодым возрастом кости в среднем в 3.5 раз мельче и в 2.5–10 раз однообразнее по размеру, чем кости, отобранные ниже по разрезу и считающиеся более древними. Это плохая новость, поскольку она может указывать на факт переотложения костей, а следовательно, на некоторую неопределенность в части их привязки к стратиграфии и палео-экологическим реконструкциям.

В ходе исследований ушбулакских костей применялся широкий комплекс современных минералогических методов, хорошо себя зарекомендовавших в приложении ко многим палеонтологическим и археологическим объектам [13, 14, 15, 30]: термический анализ (ведущий инженер-технолог Е. М. Тропников; DTG-60A/60 АН, Shimadzu); аналитическая химия (ведущий инженер-химик О. В. Кокшарова); определение содержания $C_{орг}$ методом кулонометрического титрования; рентгенофлуоресцентный анализ (старший инженер-технолог С. Т. Неверов; XRD-1800 Shimadzu); оптиче-

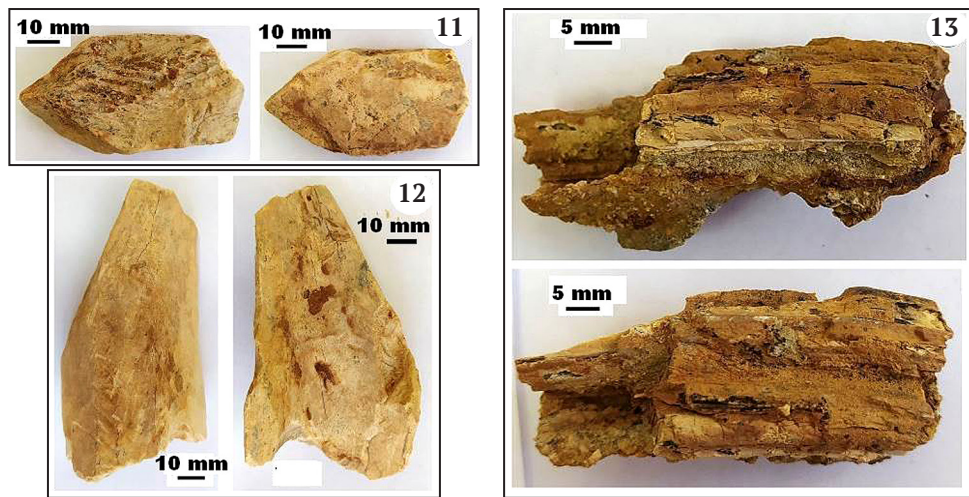


Рис. 11. Изображения костных образцов № 11–13 (50–45 тыс. л. н.)

Fig. 11. Images of bone specimens No. 11–13 (50–45 Ka)

ская микроскопия (комплекс OLYMPUS BX51); рентгеновская дифрактометрия (XRD-6000); аналитическая растровая электронная микроскопия (м. н. с. А. С. Шуйский, JSM-6400 Jeol; Tescan Vega); определение нанопористости по кинетике адсорбции/десорбции азота (ведущий инженер-технолог Е. М. Тропников; Nova 1200e, Quantachrome Instruments); газовая хроматография — анализ элементного состава коллагена (EA 1110 (CHNS-O)); газовая хроматография — анализ состава аминокислот в коллагене (GC-17A Shimadzu с пламенно-ионизационным детектором); масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (NexION 300S Perkin Elmer); инфракрасная спектроскопия (ФТ-2 Инфралюм); масс-спектрометрический анализ изотопного состава С, О в биоapatite и С, N в костном коллагене (ведущий инженер-химик И. В. Смолева; Delta V. Advantage с аналитическим комплексом Thermo Fisher Scientific).

ИСП-МС анализы на микроэлементы выполнены в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» Института геологии и геохимии УрО РАН при поддержке гранта РФФ № 16-

17-10283. Все остальные аналитические работы осуществлены в ЦКП «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН.

Реализованная нами аналитическая программа соответствует теме 704 РФФИ «Комплексные исследования культурного наследия естественно-научными методами» в части раздела 704.2 «Комплексные исследования органических и биоорганических компонентов и фрагментов предметов культурного наследия».

Микростроение и ультрапористость костей

Исследованные образцы характеризуются относительно хорошей сохранностью как компактной (пластинчатой с гаверсовой системой), так и губчатой (трабекулярно-ячеистой) костной ткани. Принципиально важной структурной характеристикой костей как органоминерального композита является их ультрапористость в нанометровом диапазоне, которая из-за бактериального выедания коллагена в ходе фоссили-

Таблица 5. Характеристика нанопористости в ископаемых костях со стоянки Ушбулак

Table 5. Characterization of nanoporosity in fossil bones from Ushbulak site

№ обр. Sample No.	S_o	V_o	R_o	V_o^i	lgN_o
1	9.118	8.15	1.787	7.487	6.04
2	59.752	59.12	1.979	8.292	6.85
3	82.507	125.9	3.051	12.784	6.99
4	70.244	77.68	2.212	9.268	6.92
5	150.253	187.0	2.489	10.429	7.25
6	156.243	191.2	2.447	10.253	7.27
7	133.489	188.9	2.83	11.858	7.2
8	140.812	179.9	2.555	10.705	7.225
9	99.233	173.1	3.489	14.619	7.073
10	138.135	161.0	2.331	9.767	7.217
11	115.261	254.6	4.419	18.516	7.14
12	117.787	225.3	3.826	16.031	7.15
13	40.547	39.59	1.953	8.183	6.68

Примечание. S_o , м²/г — удельная поверхность нанометровых пор; V_o , мм³/г — совокупный объем пор; R_o , нм — средний размер пор; V_o^i , нм³ — объем единичной поры; lgN_o — логарифм условного количества пор.

Note. S_o , m²/g — specific surface area of nanometer pores; V_o , mm³/g — total pore volume; R_o , nm — average pore size; V_o^i , nm³ — volume of a single pore; lgN_o — conditional logarithm of number of pores.

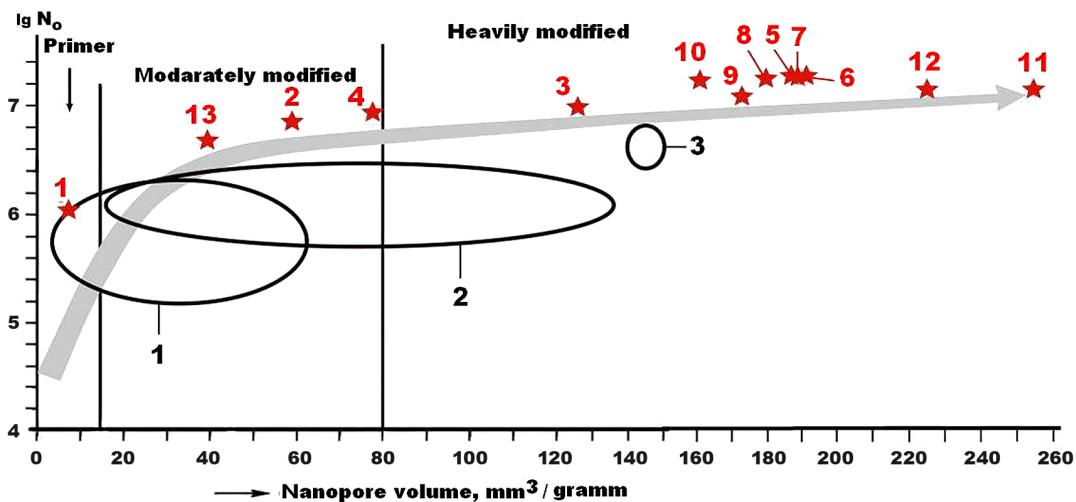


Рис. 12. Нанопористость ископаемых костей со стоянки Ушбулак (красные звездочки) на фоне аналогичных данных, полученных нами для мамонтовой фауны с Печорского Приуралья (1) и Омского Прииртышья (коллекция А. А. Бондарева), а также для плейстоценовых лошадей со стоянки Заозерье на Среднем Урале (3). Заливкой показан генеральный тренд изменения нанопористости ископаемых костей в ходе их фоссилизации

Fig. 12. Nanoporosity of fossil bones from the Ushbulak site (red stars) against the background of similar data obtained by us for the mammoth fauna from the Pechora Cis-Urals (1) and the Omsk Irtysh region (collection of A. A. Bondarev), as well as for Pleistocene horses from the Zaozerye site in the Middle Urals (3). Shading shows the general trend of changes in the nanoporosity of fossil bones during their fossilization

зации постепенно деградирует, отражая тем самым степень вторичного изменения и относительный возраст костных остатков.

Проведенные исследования показали (табл. 5), что параметры нанопористости ушбулакских костей варьируются в весьма широком диапазоне, явно коррелируясь при этом с геологическим возрастом (рис. 12). Костный образец 1 с голоценовым возрастом характеризуется пористостью, близкой к первичной. Образцы с возрастом до 20 тыс. л. н. имеют умеренно-измененную пористость, а более древние кости отличаются сильно-измененной нанопористостью, деградирующей в последовательности увеличения возраста костей от 25 до 50 тыс. л. н. Исключением из выявленной закономерности является обр. 13, определенный как зуб лошади с геологическим возрастом 50–45 тыс. л. н. Данные по нанопористости этого образца совпадают с аналогичными данными по трубчатым костям с возрастом

10–15 тыс. л. н., что объясняется повышенной устойчивостью зубов к фоссилизации. На этом фоне костные остатки плейстоценовых лошадей со стоянки Заозерье соответствуют ушбулакским костям с возрастом в диапазоне 25–40 тыс. л., что выглядит вполне логично.

Химический состав костей и минеральные загрязнения

Согласно результатам анализа химического состава (табл. 6), исследованные кости со стоянки Ушбулак характеризуются относительно низкой степенью за-

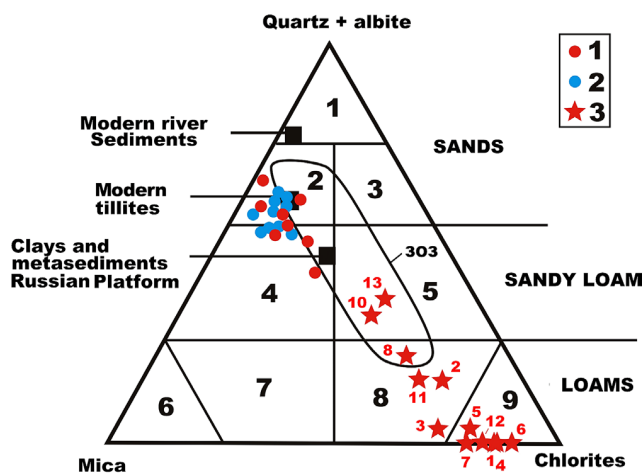


Рис. 13. Треугольник нормативно-минерального состава костеносных грунтов (смывы с костей) и иллювирированной в кости терригенной примеси:

1, 2 — соответственно валовые составы смытых грунтов и составы их гранулометрических фракций; 3 — иллювирированная примесь в ушбулакских костях. ЗОЗ — состав иллювирированной примеси в костях лошадей на стоянке Заозерье. Черные квадраты — средние составы литотипов. Области состава на треугольнике: 1–3 — пески соответственно кварцевые, хлорит-слюдисто-кварцевые и слудисто-хлорит-кварцевые; 4, 5 — супеси соответственно хлорит-кварц-слюдистые и слудисто-кварц-хлоритовые; 6–9 — суглинки и глины

Fig. 13. Triangle of normative-mineral composition of bone-bearing soils (washouts from bones) and terrigenous admixture illuviated in bone:

1, 2 — bulk compositions of washed-out soils and compositions of their granulometric fractions, respectively; 3 — illuviated admixture in the bones of Ushbulak. ZOS is the composition of the illuviated admixture in the bones of horses at the Zaozerye site. Black squares are average compositions of lithotypes. Areas of composition on the triangle: 1–3 — quartz, chlorite-mica-quartz, and micaceous-chlorite-quartz sands, respectively; 4, 5 — chlorite-quartz-micaceous and micaceous-quartz-chlorite sandy loams, respectively; 6–9 — loams and clays

Таблица 6. Химический (мас. %) и нормативно-минеральный (мол. %) состав ископаемых костей
Table 6. Chemical (wt. %) and normative-mineral (mol. %) composition of fossil bones

Компоненты Components	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	3.32 не обн. not found	2.89 не обн. not found	2.44 не обн. not found	1.24 не обн. not found	1.12 не обн. not found	0.81 не обн. not found	0.63 не обн. not found	1.30 не обн. not found	0.55 не обн. not found	2.50	1.37 не обн. not found	0.69 не обн. not found	1.99 не обн. not found
TiO ₂	1.75	1.36	1.23	0.63	0.6	0.43	3.27	4.12	0.8	1.85	1.56	0.53	1.83
Al ₂ O ₃	0.32	0.3	0.37	0.12	2.38	2.08	1.09	0.93	1.57	8.16	2.94	1.33	2.64
Fe ₂ O ₃	не обн. not found	не обн. not found	не обн. not found	не обн. not found	не обн. not found	0.02	не обн. not found	не обн. not found	не обн. not found	0.02	0.02	0.02	0.04
Y ₂ O ₃	0.06	0.01	1.83	0.04	0.09	0.09	0.15	0.06	0.09	0.06	0.06	0.05	0.13
MnO	1.61	1.8	1.25	1.47	0.86	0.85	0.59	0.61	0.65	0.68	0.76	0.69	0.75
MgO	58.68	58.95	58.05	59.16	57.83	57.65	54.73	53.76	56.55	48.6	54.63	57.72	54.46
CaO	0.36	0.44	0.14	0.19	0.13	0.17	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.12	0.16
SrO	0.72	0.59	0.66	1.05	0.61	0.59	0.54	0.54	0.61	0.59	0.63	0.57	0.71
Na ₂ O	0.15	0.15	0.13	0.09	0.06	0.04	0.04	0.08	0.04	0.16	0.09	0.05	0.13
K ₂ O	32.5	33.08	33.59	35.55	35.99	37.01	38.6	37.01	38.79	36.9	37.59	38.02	36.9
P ₂ O ₅	0.53	0.43	0.31	0.46	0.33	0.26	0.23	0.29	0.22	0.27	0.21	0.21	0.26
SO ₃	не опр. not found	1.22	0.14	не опр. not found	0.12	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found
Кварц / Quartz	«	не опр. not found	не опр. not found	«	не опр. not found	«	«	0.75	«	2.2	0.59	«	1.92
Альбит / Albite	1.32	1.33	1.19	0.79	0.55	0.38	0.39	0.72	0.38	1.47	0.82	0.47	1.2
Слюда / Mica	7.31	5.34	3.79	4.36	2.62	2.58	1.81	1.85	1.98	2.11	2.34	2.12	2.3
Хлорит / Chlorite	91.07*	91.88*	93.04*	94.73*	94.82*	95.39	93.44	91.87	95.98	87.03	92.98	97.25	91.51
Апатит / Apatite	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found	0.06	не опр. not found	не опр. not found	не опр. not found
Рутил / Rutile	0.3	0.23	1.84	0.12	1.89	1.65	4.36	4.81	1.66	7.13	3.27	1.06	3.07
Гетит / Goetite													

Примечание. * с примесью кальцита; «не обн.» — не обнаружено; «не опр.» — не определено.

Note. * with admixture of calcite.

грязнения иллювируемыми ксеноминеральными примесями, источником которых является геологическая среда — костеносные грунты. Последние и по валовому нормативно-минеральному составу, и по составу гранулометрических фракций являются кварц-альбит-хлорит-слюдистыми со значительным преобладанием кварца и альбита (рис. 13). По этому признаку грунты могут быть сопоставлены главным образом с тиллами, что отражает близость по характеру и степени дифференциации терригенного материала. В состав иллювируемых в кости примесей нормативно входят те же минералы — кварц, альбит, филлосиликаты, а также карбонаты, рутил и оксигидроксиды Fe-Mn-Al (табл. 6). По сравнению с вмещающими грунтами в относительно молодых костях в составе загрязнений значительно выше доля хлоритов и слюд, что, очевидно, объясняется особенностями нанопористости таких образцов. С увеличением возраста костей и огрублением их пористости в составе иллювируемой примеси возрастает относительное содержание кварца и альбита, что сближает ее с составом костеносных грунтов.

Валовое содержание загрязняющей примеси в ушбулакских костях колеблется в пределах 6–13 мол. %, что заметно уступает аналогичным данным, полученным для лошадей со стоянки Заозерье и вообще для костей плейстоценовых млекопитающих, захороненных в открытых грунтах, но раза в два превышает соответствующие показатели у пещерных костей. Кроме того, состав загрязнений в костных остатках со стоянки Заозерья в сравнении с ушбулакскими костями выглядит гораздо однороднее, будучи сильно сдвинутым в сторону обогащения кварцем и альбитом. Это можно объяснить менее глинистым составом костеносных грунтов на этой стоянке, расположенной на III надпойменной террасе р. Чусовой.

Примеси эпигенетических минералов

Исследования под сканирующим электронным микроскопом выявили в ушбулакских костях весьма тонкую трещиноватость, к которой приурочена вкрапленность эпигенетических минералов. Последние представлены индивидами, варьирующими по размеру в диапазоне от первых мкм до 1000 мкм (рис. 14–16) и распределяющимися явно в соответствии с геологическим возрастом костей. Для относительно молодых костей с геологическим возрастом 30–10 тыс. л. н. наиболее характерны сфалерит состава $(\text{Zn}_{0.92-0.94}\text{Fe}_{0.06-0.07})\text{S}$, ковеллин $(\text{Cu}_{0.94-0.96}\text{Fe}_{0.03-0.04})\text{S}$ и сфалерит-ковеллиновые твердые растворы состава $(\text{Zn}_{0.51-0.67}\text{Cu}_{0.26-0.46}\text{Fe}_{0.03-0.09})\text{S}$. При этом мы практически не обнаружили здесь обычного для ископаемых костей пирита. Вторая характерная для рассматриваемых костей группа минералов — карбонаты, представленные Ba-содержащим кальцитом состава $(\text{Ca}_{0.88-0.98}\text{Ba}_{0-0.02})[\text{CO}_3]$, манганкальцитом $(\text{Ca}_{0.88}\text{Mn}_{0.12})[\text{CO}_3]$, родохрозитом $(\text{Mn}_{0.81-0.97}\text{Ca}_{0.02-0.13}\text{Mg}_{0-0.06}\text{Ba}_{0-0.02}\text{Ni}_{0-0.01})[\text{CO}_3]$ и кутнагоритом $\text{Ca}_{1-1.02}\text{Mn}_{0.98-1}[\text{CO}_3]_2$. Кроме того, в исследованных костных образцах установлены единичные микрочерны клиноцоизита состава $\text{Ca}_{1.98-2.08}(\text{Al}_{2-2.14}\text{Fe}_{0.91-1})_{2.99-3.08}[\text{Si}_3\text{O}_{12}](\text{OH})_{0.93-1.32}$.

В более древних костях с геологическим возрастом 50–35 тыс. л. н. (рис. 17, 18) зарегистрированы вивианит состава $\text{Fe}_3-3.08[\text{PO}_4]_2\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и в разной степени окисленный пирит, состав которого колеблется в пределах $(0.02-0.9)\text{FeS}_2 + (0.1-0.98)\text{FeO}(\text{OH})$. В конечных продуктах окисления пирит присутствует в качестве незначительных по содержанию реликтов: $(0.98-1)\text{FeO}(\text{OH}) + (0.01-0.02)\text{FeS}_2$. Следует отметить, что таким костям свойственен именно фрамбоидальный пирит, прямо указывающий на активное участие бактерий в фоссилизации костей. Кроме того, практически

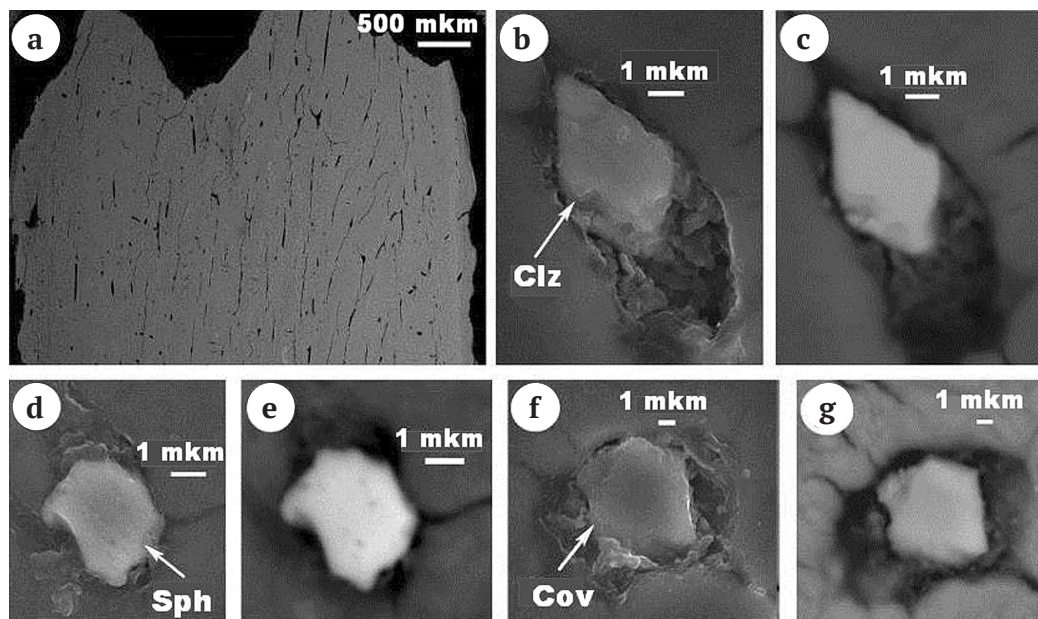


Рис. 14. Микростроение костной ткани (а) и минеральные примеси (Clc — клиноцоизит, Sph — сфалерит, Cov — ковеллин) в обр. 1. СЭМ-изображения в режимах упругоотраженных (а, с, е, г) и вторичных (b, d, f) электронов

Fig. 14. Microstructure of bone tissue (a) and micromineral impurities (Clc — clinozoisite, Sph — sphalerite, Cov — covellite) in sample 1. SEM images in the modes of elastically reflected (a, c, e, g) and secondary (b, d, f) electrons



во всех костных образцах наблюдается примесь оксигидроксидов состава $Fe_{0.15-0.97}Al_{0-0.84}Mn_{0-0.85}O(OH)$.

Наибольший интерес представляет собой факт обнаружения в костном образце 7 из слоя 6 костеносного разреза относительно редко встречающихся в природе поликомпонентных карбонатов системы $Mn[CO_3]-Ca[CO_3]-Co[CO_3]-Ni[CO_3]$. Ранее нами такие минералы были обнаружены на Полярном Урале в Верхнетяшорском силикатно-карбонатно-марганцевом проявлении гипергенно-инфильтрационного происхождения [11]. В случае ушбулакских костей аналогичные карбонатные твердофазные смеси характеризуются составом $(Mn_{0.33-0.72}Ca_{0.06-0.55}Co_{0.04-0.23}Ni_{0-0.02})[CO_3]$, что демонстрирует значительно большее обогащение кобальтом в сравнении с карбонатами в полярноуральских квалузитах (рис. 19). Не исключено, что обнаружение таких минералов в уш-

булакских костях может указывать на существование в соответствующей геологической среде проявлений промышленно-перспективных кобальт-марганцевых минерализаций.

Микроэлементы и геохимические критерии фоссилизации

В составе исследуемых костных остатков обнаружено 52 микроэлемента (табл. 7), в том числе 12 элементов-эссенциалов, 17 физиологически активных и 22 элемента-антибионта. Элементы первой группы в костях наследуются от живого организма, в котором они отвечают за перенос кислорода, фиксацию азота, метаболизм железа, углеводородный обмен, стабилизацию структур РНК и ДНК, образование ферментов, формирование структуры клеток. Вторая группа объ-

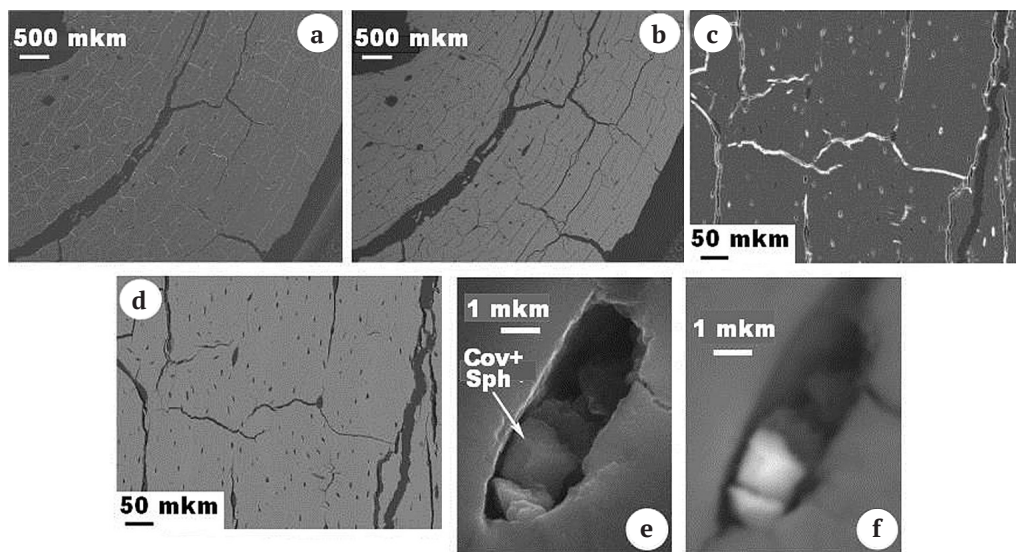


Рис. 15. Микростроение костной ткани (а–д) и минеральные примеси (Ков + Сф — твердые растворы сфалерита в ковеллине в обр. 2. СЭМ-изображения в режимах вторичных (а, с, е) и упругоотраженных (b, d, f) электронов

Fig. 15. Microstructure of bone tissue (a–d) and mineral impurities (Kov + Sf — solid solutions of sphalerite in covelline in sample 2. SEM images in secondary (a, c, e) and elastically reflected (b, d, f) electrons

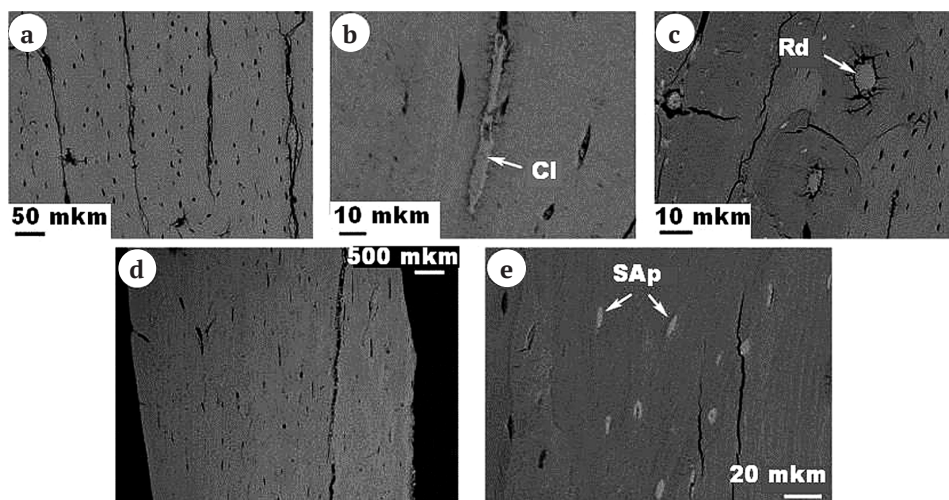


Рис. 16. Микростроение костной ткани и микроминеральные примеси (Cl — кальцит, Rd — марганцевые карбонаты) в обр. 3 (а–с) и в обр. 4 (d, e; SAp — вторичный карбонатапатит). СЭМ-изображения в режиме упругоотраженных электронов

Fig. 16. Microstructure of bone tissue and micromineral impurities (Cl — calcite, Rd, manganese carbonates) in sample 3 (a–c) and sample 4 (d, e; SAp, secondary carbonate apatite). SEM images in the mode of elastically reflected electrons

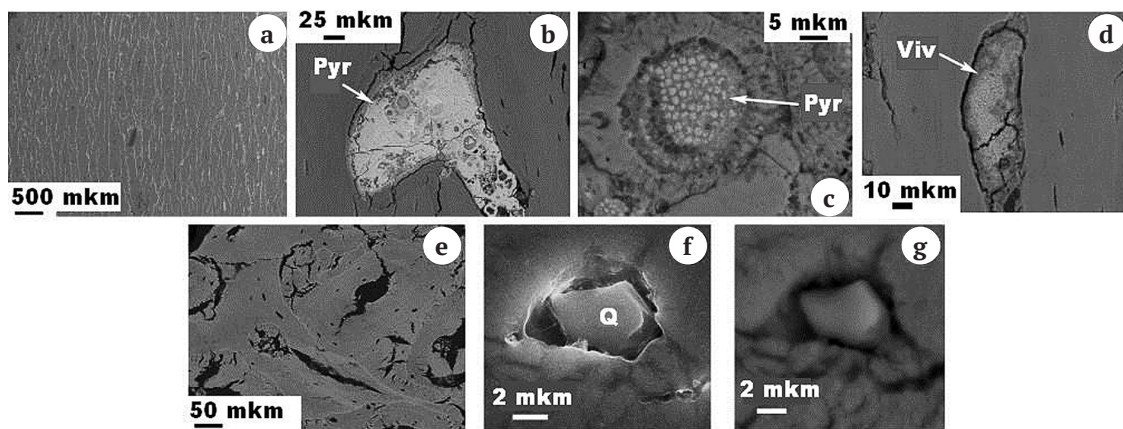


Рис. 17. Микростроение костной ткани и микроминеральные примеси (Pyr – пирит, Viv – вивианит, Q – кварц) в обр. 9 (a–d) и обр. 10 (e–g). СЭМ-изображения в режимах упругоотраженных (a–e, g) и вторичных (f) электронов

Fig. 17. Microstructure of bone tissue and micromineral impurities (Pyr – pyrite, Viv – vivianite, Q – quartz) in sample 9 (a–d) and sample 10 (e–g). SEM images in the modes of elastically reflected (a–e, g) and secondary (f) electrons

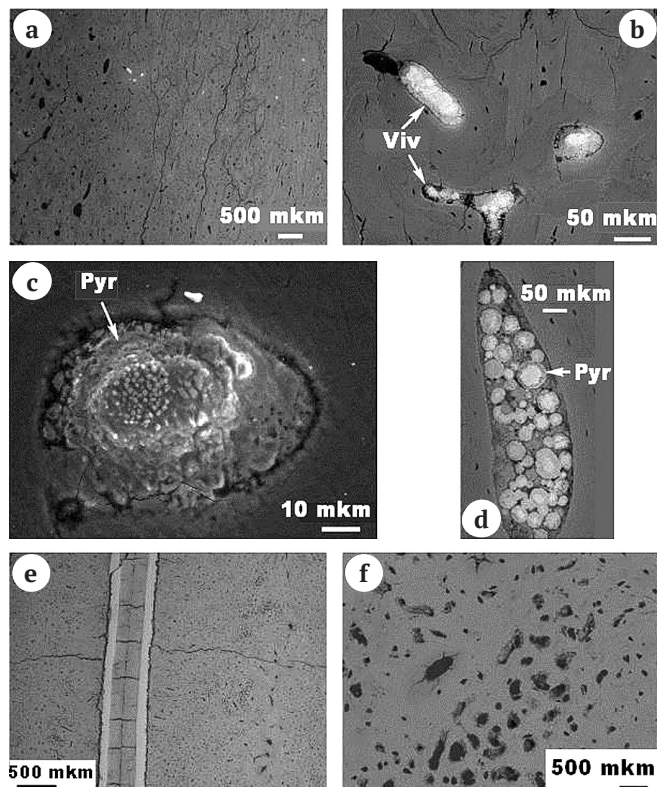


Рис. 18. Микростроение костной ткани (a, e, f) и микроминеральные примеси (Pyr – пирит, Viv – вивианит) в обр. 11 (a–d) и обр. 13 (d, f). СЭМ-изображения в режиме упругоотраженных электронов

Fig. 18. Microstructure of bone tissue (a, e, f) and micromineral impurities (Pyr – pyrite, Viv – vivianite) in sample 11 (a–d) and sample 13 (d, f). SEM images in the mode of elastically reflected electrons

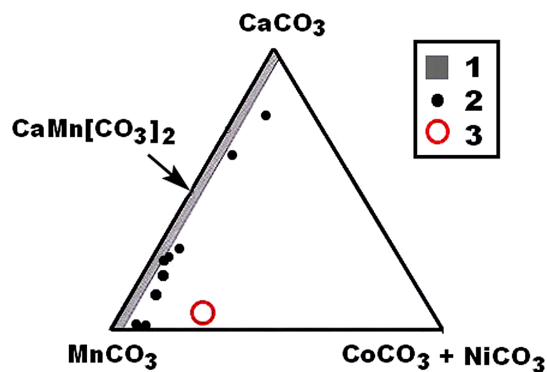


Рис. 19. Характер обогащения кобальтом Mn-Са-карбонатов:

1, 2 – карбонаты в верхнетышорских квалузитах, соответственно область состава 85 % карбонатов и точки состава карбонатов, аномально обогащенных кобальтом; 3 – поле состава карбонатов в ушбулакском костном обр. 7

Fig. 19. The nature of the enrichment of Mn-Ca carbonates with cobalt:

1, 2 – carbonates in the Upper Tyshor qualusites, respectively, the area of composition of 85 % carbonates and the points of composition of carbonates anomalously enriched in cobalt; 3 – carbonate composition field in the Ushbulak bone sample 7

единяет элементы, которые могут быть по происхождению как унаследованными от организма, так и обусловленными фоссилизацией. Третья группа включает только элементы, которые по происхождению являются нацело эпигенетическими, представляя собой результат скрытого загрязнения (crypto contamination) костей в среде захоронения. Такой процесс в основном проходит по ионообменному механизму, когда кристаллохимически активные элементы грунтовых вод замещают в биоapatите погребенных костей – весьма эффективных глеевых геохимических барьерах – кальций и фосфор.

Суммарная концентрация микроэлементов в ушбулакских костях варьируется в очень широком диа-

Таблица 7. Микроэлементы в костях со стоянки Ушбулак, г/т
Table 7. Trace elements in bones from the Ushbulak site, ppm

Элементы Elements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Li	0.5	0.6	0.4	0.4	0.29	0.25	0.8	0.3	0.4	0.4	0.25	0.19	0.5
Be	0.012	0.022	0.25	0.15	1	1	5.4	3	4	0.5	1.1	0.7	1
As	0.63	0.95	0.54	0.59	1.16	1.3	1.04	1.3	1.21	11.8	3.1	1.12	0.95
Se	1.5	4.6	0.9	1.06	1.36	1.7	2.5	1.44	2.9	1.5	1.3	1.1	0.83
Rb	0.15	0.07	0.21	0.09	0.11	0.026	0.27	0.33	0.11	0.5	0.09	0.003	0.16
Mo	0.21	0.36	8	0.9	1.3	1.3	2.6	3.4	5	6	4.6	3.8	2.8
Ag	0.041	0.022	0.036	0.044	0.038	0.028	0.069	0.051	0.066	0.101	0.054	0.12	0.094
Cd	0.04	0.01	0	0.13	0.4	0.5	2.4	3	4	2.2	4	3	2.3
Pb	0.28	0.6	0.9	0.7	5	6	9	5	4	2.4	2	3.1	2.4
Bi	0.001	0.003	0.002	0.002	0.02	0.023	0.017	0.016	0.011	0.012	0.009	0.01	0.01
Th	0.06	0.05	0.16	0.2	0.5	0.4	0.3	0.15	0.2	0.18	0.11	0.2	0.18
Zn	40	40	50	50	40	40	110	110	70	70	70	60	50
Сумма Sum	43.424	47.287	61.398	54.266	51.178	52.527	134.396	127.987	91.897	95.593	86.613	73.343	61.224
Ti	40	40	50	50	50	50	70	70	6	70	60	50	60
V	2.9	1.7	2.3	2.9	8	6	10.17	17	13	18	14	14	7
Cr	0.5	1.4	0.9	2.2	6	4.1	6	5	4.2	6	5	6	2.4
Fe	2240	2100	2590	840	16660	14560	7630	6510	1099	5712	2058	9310	1848
Mn	40	4	2000	12	160	180	240	100	170	80	110	80	130
Co	0.32	0.21	0.8	0.18	0.8	2	33	1.4	35	6	12	2	13
Ni	3	2.1	9	2.1	3	2.5	9	4	17	5	6	4	6
Cu	1.1	7	10.5	10.1	22	22	30	36	21	30	19.3	16.1	15.7
Ga	0.5	0.4	0.7	0.6	1.3	1.4	1.8	1.7	1.2	1	0.8	1.1	1.1
Sr	170	600	270	400	400	400	300	400	280	300	270	250	300
Y	0.6	0.21	16	7	40	50	70	40	30	21	13	26	27
Zr	0.21	2.3	2.8	3	11	11	8	5	6	5	4	5	4
Sn	0.01	0.004	0.018	0.011	0.013	0.006	0.017	0.013	0.01	0.024	0.009	0.007	0.008
Sb	0.04	0.08	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.9	0.9	0.8	0.76	0.9	0.53
Cs	0.002	0.009	0.027	0.014	0.023	0.008	0.04	0.053	0.018	0.08	0.011	0.007	0.023
Ba	100	100	170	170	240	210	190	190	120	240	150	110	130
Hf	9	4	4	2.2	1.3	1.1	0.53	0.3	0.31	0	0	0	0
U	0.9	11	19	18	12	11	120	140	80	80	47	80	32
Сумма Sum	2609.082	2874.413	5146.345	1520.605	17615.936	15511.614	8719.157	7521.366	1883.638	6574.904	2769.88	9955.114	2576.761
B	2.2	7	6	10	6	5	2.1	2.9	2.3	2.4	2.2	2.2	1.8
Sc	0.1	0.06	0.8	0.39	2.3	2.8	1.1	0.9	0.9	0.9	0.44	0.7	0.7
Ge	0.012	0.019	0.067	0.037	0.138	0.18	0.16	0.111	0.09	0.058	0.04	0.073	0.07
Nb	0.019	0.013	0.034	0.022	0.05	0.032	0.12	0.14	0.06	0.11	0.06	0.07	0.05
Te	0.01	0.022	0.01	0.035	0.033	0.024	0.03	0.016	0.012	0.01	0.018	0.02	0.022

Окончание таблицы 7
End of table 7

Элементы Elements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
La	1.1	0.25	36	20	180	200	220	140	90	27	28	60	60
Ce	1.3	1.3	2.4	1.7	110	140	200	140	90	20	33	70	60
Pr	0.2	0.057	6.1	3.5	19	23	22	15	11	3.7	3.8	8	7
Nd	0.82	0.23	24	13	70	90	80	50	40	15	14	31	27
Sm	0.15	0.047	4.1	2.3	10	13	11	8	7	2.7	2.4	5	4.6
Eu	0.046	0.014	1.1	0.6	2.5	3	2.8	2.2	1.7	0.7	0.6	1.3	1.2
Gd	0.18	0.062	4	2.1	10	13	15	10	8	3.5	3	7	6
Tb	0.026	0.009	0.5	0.27	1.2	1.6	1.9	1.3	1	0.5	0.4	0.8	0.7
Dy	0.17	0.06	3.5	1.8	8	10	12	8	6	3.3	2.5	5	5
Ho	0.035	0.014	0.7	0.38	1.8	2.3	2.6	1.7	1.4	0.9	0.6	1.2	1.1
Er	0.11	0.045	2	1.1	5	6	7	4	4	2.4	1.5	3.1	2.9
Tm	0.017	0.007	0.25	0.14	0.6	0.8	0.8	0.5	0.5	0.33	0.21	0.4	0.38
Yb	0.09	0.05	1.5	0.9	3.8	4.7	4.5	2.8	2.7	2	1.2	2.4	2.3
Lu	0.01	0.004	0.22	0.13	0.6	0.7	0.7	0.4	0.4	0.3	0.17	0.4	0.3
Ta	0.014	0.017	0.029	0.024	0.027	0.027	0.022	0.017	0.017	0.016	0.011	0.014	0.008
W	0.03	0.017	0.05	0.024	0.05	0.04	0.16	0.11	0.14	0.11	0.14	0.14	0.1
Tl	0	0	0.023	0	0	0	0.002	0.001	0	0.004	0.003	0	0.004
Сумма Sum	6.639	9.297	93.383	58.482	431.098	516.203	583.984	388.095	267.219	85.938	94.292	190.817	174.234
Сумма Ln Sum Ln	4.254	2.149	86.37	47.92	422.5	508.1	580.3	383.9	263.7	82.33	91.38	187.6	171.48
Э/АВ E/AB	6.54	5.09	0.66	0.93	0.12	0.03	0.23	0.33	0.34	1.07	0.1	0.08	0.35
Cu/Zn	0.03	0.17	0.21	0.2	0.55	0.55	0.27	0.33	0.3	0.43	0.92	0.38	0.35
Итого Total	2659.145	2930.997	5301.126	1633.353	18098.21	16080.34	9437.537	8037.448	2242.754	6756.435	2950.785	10219.27	2812.219



пазоне — от 1633 до 18 098 г/т, испытывая волнообразную тенденцию возрастания по мере удреждения костей. В более молодых костях (20—10 тыс. л. н.) суммарное содержание микроэлементов статистически оценивается в (3131 ± 1551) г/т. В костях промежуточного возраста (35—20 тыс. л. н.) такое содержание резко возрастает до (17089 ± 1427) г/т. В наиболее древних костях (50—45 тыс. л. н.) суммарное содержание сокращается до (6065 ± 3364) г/т, превышая, однако, почти в два раза содержание микроэлементов в молодых костях.

На генеральной диаграмме обогащения ископаемых костей микроэлементами (рис. 20) ушбулакские образцы подразделяются на три группы. В первую группу входят наиболее молодые образцы (1—4) и древнейшие обр. 9, 11, 13 с наиболее низкими концентрациями микроэлементов. По этому свойству указанные образцы корреспондируют зубу шерстистого мамонта с территории Печорского Приуралья. Вторую группу образуют обр. 7, 8, 10, 12 древних ушбулакских костей с промежуточным уровнем обогащения микроэлементами. Эти образцы по рассматриваемому признаку коррелируются с зубами неоплейстоценовых лошадей и мамонтов из Печорского Приуралья, а также с зубами ископаемых лошадей со стоянки Заозерье. К третьей группе отнесены обр. 5, 6, которые по степени обогащения микроэлементами близки к бедрен-

ным, лопаточным и черепным костям шерстистых носорогов и мамонтов с Печорского Приуралья.

В целом ушбулакские кости по степени обогащения микроэлементами несколько уступают примерно одновозрастным костям мамонтовой фауны в Печорском Приуралье и почти в два раза беднее микроэлементами по сравнению с ископаемыми костями неоплейстоценовых лошадей на стоянке Заозерье. При этом ушбулакские кости по рассматриваемому признаку больше сближаются с аналогами в части зубов, клыков и бивней, наиболее устойчивых к фоссилизации. Такой результат, возможно, объясняется захоронением ушбулакских костей в склоновых отложениях, менее обводненных, чем горизонтально залегающие отложения, из-за гравитационного стока грунтовых вод.

Проведенные ранее исследования показали, что пропорция между элементами-эссенциалами и антибионтами является эффективным критерием оценки степени фоссилизации захороненных костей. В рассматриваемом случае отношение групповых концентраций ЭС/АБ изменяется от 6.54 (многократное преобладание элементов-эссенциалов) в наиболее молодых костях до 0.08 (сильное доминирование элементов-антибионтов) в наиболее древних костях. Коэффициент корреляции величины этого отношения с возрастом костей достигает -0.75 . Эту закономерность отражает и отношение содержаний эссенциального Zn и физиогенно-активной Cu, которое в хронологической последовательности изменяется от 33.33 до 0.35. Соответствующий коэффициент корреляции в этом случае составляет -0.62 .

В ископаемых костях лошадей на стоянке Заозерье с большим уровнем обогащения микроэлементами отмеченная выше закономерность весьма близко повторяется: Э/АБ = 1.27 ± 0.59 ; Zn/Cu = 6.74 ± 5.42 , соответствующая примерно средней части хронологического диапазона ушбулакских костей. Коэффициенты корреляции отношений групповых концентраций с возрастом костей в этом случае лежат в пределах $-0.37...-0.4$. Похожая закономерность реализуется и в ископаемых костях мамонтовой фауны с Печорского Приуралья [30].

Дополнительным критерием степени фоссилизации и относительного возраста ископаемых костей может служить суммарная концентрация лантаноидов, накапливающихся в костях именно в результате их взаимодействия с вмещающими грунтами [24, 25, 31]. В рассматриваемом случае эта концентрация варьируется от 4.254 г/т в самой молодой кости до 171—188 г/т в наиболее древних. Коэффициент соответствующей корреляции составляет 0.47. Нормирование содержаний лантаноидов в ушбулакских костях на таковые в австралийских постаршейских глинистых сланцах (эталон терригенных пород PAAS) показывает следующее (рис. 21).

Исследованные образцы по нормированным концентрациям лантаноидов контрастно подразделяются на две группы: 1) относительно молодые (20—120 тыс. л. н.) кости (обр. 1, 2) с концентрацией редкоземельных элементов на 2—3 порядка более низкой, чем в терригенных породах; 2) более древние кости с возрастом в диапазоне от 25—20 до 50—45 тыс. л. н., в которых концентрация лантаноидов сначала достигает концентрации в терригенных породах, а затем и превышает

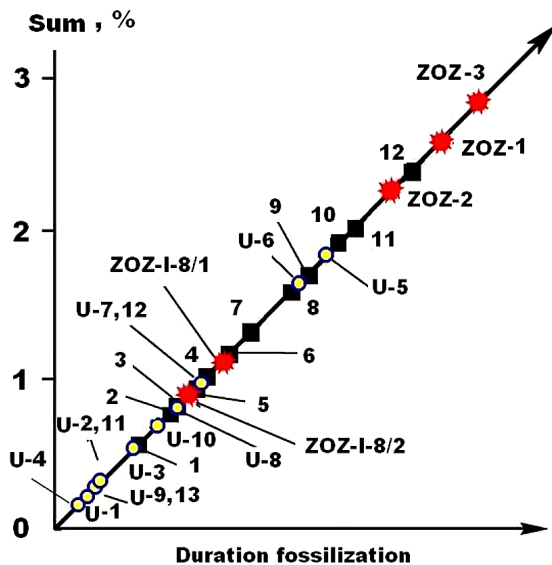


Рис. 20. Суммарное содержание микроэлементов в ископаемых костях со стоянки Ушбулак (от U-1 до U-13), в костном детрите лошадей со стоянки Заозерье (ZOZ) и мамонтовой фауны с Печорского Приуралья.

1 — мамонт, моляр; 2 — лошадь, резец; 3 — медведь пещерный, череп; 4, 5 — мамонт, моляры; 6, 7, 9 — мамонт, бивень; 8 — носорог шерстистый, бедро; 10 — мамонт, череп; 11 — мамонт, лопатка; 12 — северный олень, большая берцовая кость

Fig. 20. The total content of trace elements in fossil bones from the Ushbulak site (from U-1 to U-13), in the bone detritus of horses from the Zaozerye site (ZOZ) and mammoth fauna from the Pechora Cis-Urals.

1 — mammoth, molar; 2 — horse, incisor; 3 — cave bear, skull; 4, 5 — mammoth, molars; 6, 7, 9 — mammoth, tusk; 8 — woolly rhinoceros, thigh; 10 — mammoth, skull; 11 — mammoth, scapula; 12 — reindeer, tibia

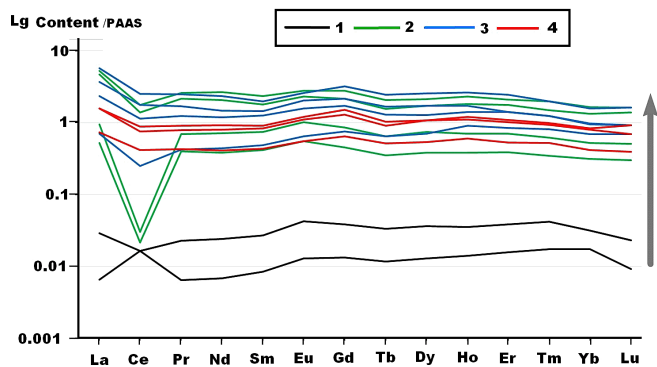


Рис. 21. Нормированные на средний состав постаршейских австралийских сланцев (PAAS) содержания лантаноидов в ископаемых костях с Ушбулакской стоянки. 1–4 – костные образцы с возрастом соответственно 10–15, 15–25, 30–35 и 40–50 тыс. л. н. Стрелкой показан генеральный тренд геологического возраста костей

Fig. 21. Normalized to the average composition of post-Archaeal Australian shales (PAAS) of lanthanide content in fossil bones from the Ushbulak site. 1–4, bone samples aged 10–15, 15–25, 30–35, and 40–50 Ka. The arrow shows the general trend of the geological age of the bones

ее. При этом наиболее древние кости не являются наиболее обогащенными, что, вероятно, свидетельствует о роли в их обогащении лантаноидами не только продолжительности захоронения, но и свойства самих грунтов. Обращает на себя внимание, что графики нормированных концентраций редких земель на рис. 21, за единичными исключениями для церия, характеризуются субгоризонтальностью. Это, очевидно, указывает на равномерное обогащение костей лантаноидами, что наиболее близко согласуется именно с версией костеносных грунтов как источника такого обогащения.

Костный биоапатит

Кости млекопитающих, как известно [4], представляют собой органоминеральный композит, состоящий из органической матрицы и производимого ею минерального вещества — биоапатита. Известно, что в ходе фоссилизации погребенных костей биоапатит подвергается изменениям, характер и уровень которых обычно коррелируются с геологическим возрастом костей. В качестве критериев уровня кристалличности костного биоапатита и степени его измененности при фоссилизации мы использовали рентгеновские и ИК-спектроскопические данные [10, 14].

В рентгеновских дифрактограммах биоапатита исследованных образцов наблюдаются все основные отражения, характерные для карбонатапатита В-типа (рис. 22, 23): 3.43–3.46 (002); 3.05–3.09 (210); 2.78–2.80 (121); 2.25–2.27 (310). Все пики демонстрируют значительное уширение (FWHM), а наиболее интенсивный из них (121) подвергается расщеплению с появлением двух дополнительных пиков малой интенсивности — 2.70–2.73 (300) и 2.62–2.64 (202). Степень такого расщепления, оцениваемая отношениями интенсивностей дополнительных пиков к интенсивности

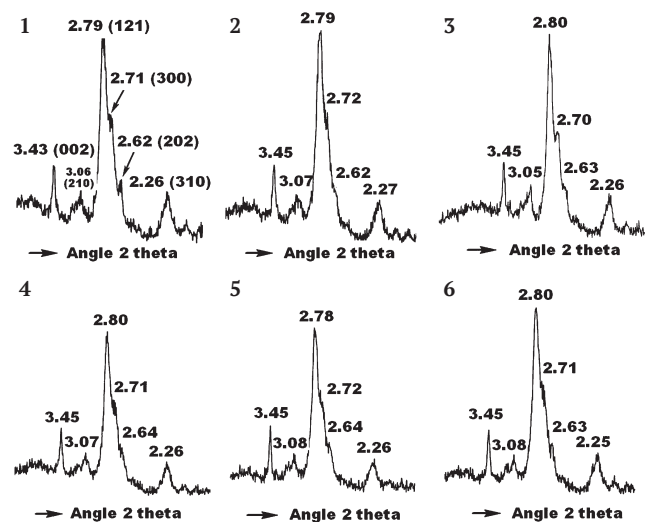


Рис. 22. Основные рентгеновские отражения в структуре биоапатита обр. 1–6

Fig. 22. The main X-ray reflections in the structure of bioapatite samples 1–6

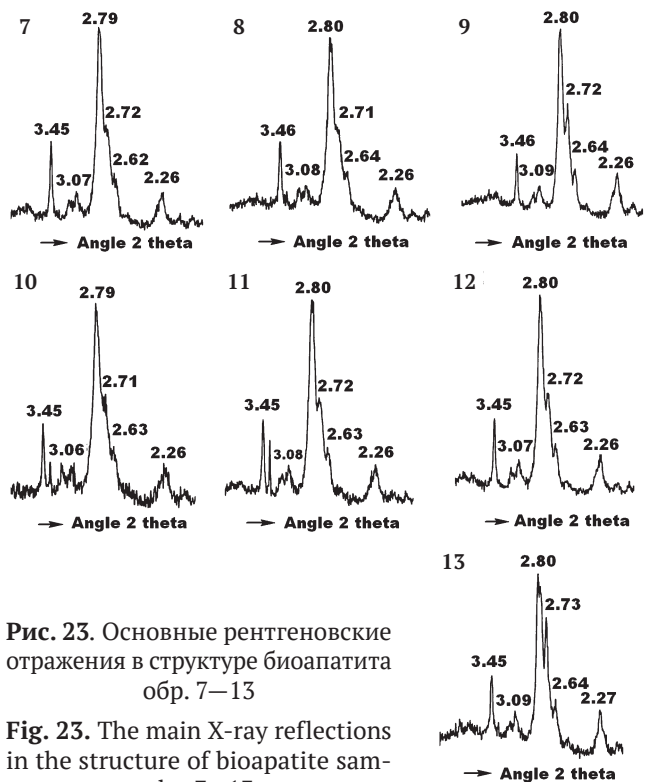


Рис. 23. Основные рентгеновские отражения в структуре биоапатита обр. 7–13

Fig. 23. The main X-ray reflections in the structure of bioapatite samples 7–13

сти основного пика, и является рентгеновским индексом кристалличности биоапатита.

Внешне рентгенограммы образцов мало различаются, но проведенные измерения и расчеты показали, что в хронологической последовательности костей все-таки существует тенденция возрастания степени кристалличности биоапатита. А именно: в направлении от относительно молодых (20–10 тыс. л. н.) к наиболее древним (50–45 тыс. л. н.) костям в рентгенограммах биоапатита происходит уменьшение уширенности пиков на 15–45 % и увеличение значений рентгеновского индекса кристалличности на 55–100 %. Из это-



го следует, что в хронологической последовательности степень кристалличности биоапатита в ушбулакских костях увеличивается в 1.5–2 раза. На таком фоне резко выделяется зуб лошади (обр. 13), характеризующийся аномально высоким значением индекса кристалличности. Последнее, очевидно, обусловлено не столько древностью кости, сколько природой образца — зубы как в части зубной кости (дентина), так и в части эмали всегда отличаются от костей скелета более высокой степенью кристалличности биоапатита.

Сравнение полученных данных с данными по костям плейстоценовых лошадей со стоянки Заозерье указывает на то, что ушбулакские кости, несмотря на хронологическую тенденцию к росту кристалличности биоапатита, заметно уступают по этому показателю близким по возрасту костям заозерских лошадей. Не исключено, что последнее тоже отражает своеобразие фоссилизации в условиях погребения костных остатков в склоновых отложениях.

В ИК-спектрах ушбулакских костей (рис. 24–27) отчетливо регистрируются основные полосы ν_3 и ν_4 поглощения на PO_4 -группах, а также полосы ν_2 – ν_4 поглощения на группах CO_3 , изоморфно замещающих фосфатные анионы. Признаков поглощения на группах CO_3 , замещающих OH -группы (валентные анионы), не обнаружено. Таким образом, результаты ИК-спектроскопии тоже свидетельствуют о том, что биоапатит в ушбулакских костных остатках нацело представлен гидроксилкарбонатапатитом В-типа.

В качестве критерия структурной карбонизации биоапатита мы использовали отношение интенсивностей поглощения в полосах $\nu_3(\text{CO}_3)$ и $\nu_3(\text{PO}_4)$. Значения

этого коэффициента — ИКС-индекса кристалличности биоапатита — распределяются по хронологическим группам костей в следующем порядке: обр. 1–3 (20–10 тыс. л. н.) = 0.26 ± 0.03 ; обр. 4–6 (25–20 тыс. л. н.) = 0.24 ± 0.03 ; обр. 7–10 (45–40 тыс. л. н.) = 0.17 ± 0.02 ; обр. 11–13 (50–45 тыс. л. н.) = 0.16 ± 0.03 . Из приведенных данных следует, что в последовательности от относительно молодых к наиболее древним ушбулакским костям содержание структурного углерода в биоапатите явно сокращается, что согласуется с выше отмеченной тенденцией к росту значений рентгеновского индекса кристалличности. Сопоставление по ИК-спектроскопическому критерию ушбулакских костей с костями со стоянки Заозерье тоже показывает, что последние в среднем характеризуются несколько большей структурной углеродистостью биоапатита.

Биоапатит в исследуемых костях имеет сравнительно простой химический состав, характеризуясь структурной примесью Sr и Mn в катионной подрешетке и S, C в анионной (табл. 8). Встречаемость этих изоморфных примесей составляет соответственно 14, 1, 32 и 100 %. Для примеси серы установлено снижение частоты встречаемости в направлении от относительно молодых костей (35 %) к более древним (28 %). В этом же направлении сокращается и атомное содержание серы в анионной подрешетке биоапатита (формульные коэффициенты, в скобках коэффициенты вариации) от 0.13 ± 0.25 (192 %) в наиболее молодом образце 1 до 0.04 ± 0.07 (175 %) в образцах 2–10 с промежуточным возрастом 25–20 тыс. л. н. и далее до 0.03 ± 0.07 (233 %) в наиболее древних образцах с возрастом 50–40 тыс. л. н.

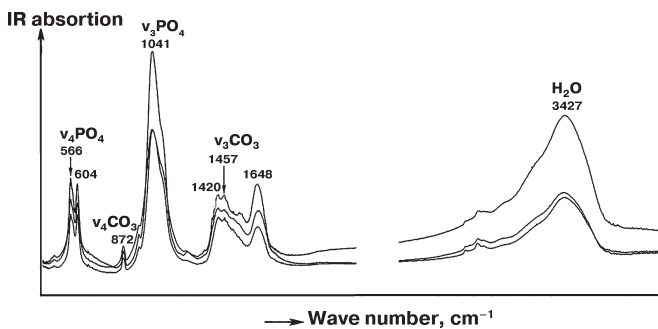


Рис. 24. Спектры ИК-поглощения в биоапатите образцов 1–3

Fig. 24. IR absorption spectra in bioapatite samples 1–3

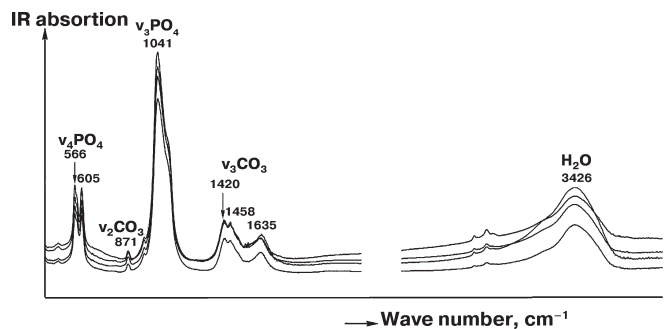


Рис. 26. Спектры ИК-поглощения в биоапатите образцов 7–10

Fig. 26. IR absorption spectra in bioapatite samples 7–10

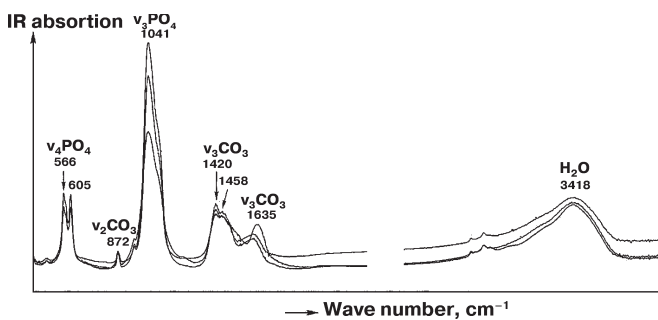


Рис. 25. Спектры ИК-поглощения в биоапатите образцов 4–6

Fig. 25. IR absorption spectra in bioapatite samples 4–6

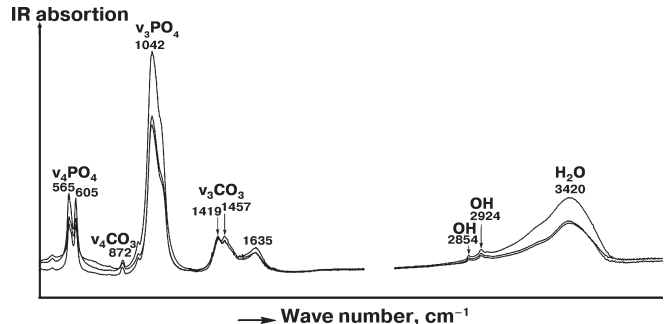


Рис. 27. Спектры ИК-поглощения в биоапатите образцов 11–13

Fig. 27. IR absorption spectra in bioapatite samples 11–13

Таблица 8. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы биоаратита
Table 8. Chemical composition (wt %) and empirical formulas of bioarattite

№ обр. Sample No.	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	Ca/P _{ат}	Эмпирическая формула Empirical formulas
1/1	60.21	не обн./ not found	не обн./ not found	39.79	не обн./ not found	1.87	Ca ₁₀ P _{5.35} Ca _{0.65} O ₂₄ (OH) _{1.35}
1/2	60.67	«	«	39.33	«	1.96	Ca ₁₀ P _{5.11} Ca _{0.89} O ₂₄ (OH) _{1.11}
1/3	59.39	«	«	39.5	1.11	1.91	Ca ₁₀ P _{5.24} So _{0.13} Ca _{0.63} O ₂₄ (OH) _{1.50}
1/4	57.46	«	«	41.37	1.17	1.76	Ca ₁₀ P _{5.68} So _{0.17} Ca _{0.15} O ₂₄ (OH) _{2.02}
1/5	59.65	«	«	40.35	не обн./ not found	1.87	Ca ₁₀ P _{5.34} Ca _{0.66} O ₂₄ (OH) _{1.34}
1/6	59.41	2.0	«	38.59	«	1.95	(Ca _{9.82} So _{0.18})P _{5.05} Ca _{0.97} O ₂₄ (OH) _{1.03}
1/7	58.33	1.52	«	39.28	0.87	1.88	(Ca _{9.86} So _{0.14})P _{5.24} So _{0.1} Ca _{0.66} O ₂₄ (OH) _{0.39}
1/8	59.21	не обн./ not found	«	39.93	0.86	1.88	Ca ₁₀ P _{5.32} So _{0.1} Ca _{0.67} O ₂₄ (OH) _{1.88}
1/9	59.63	«	«	38.85	1.52	1.95	Ca ₁₀ P _{5.14} So _{0.18} Ca _{0.68} O ₂₄ (OH) _{1.50}
1/10	59.9	«	«	40.1	не обн./ not found	1.89	Ca ₁₀ P _{5.28} Ca _{0.72} O ₂₄ (OH) _{1.28}
1/11	58.07	«	«	40.78	1.15	1.73	Ca ₁₀ P _{5.54} So _{0.14} Ca _{0.32} O ₂₄ (OH) _{1.82}
1/12	58.89	«	«	40.15	0.96	1.86	Ca ₁₀ P _{5.38} So _{0.1} Ca _{0.52} O ₂₄ (OH) _{1.58}
1/13	58.97	«	«	41.03	не обн./ not found	1.82	Ca ₁₀ P _{5.49} Ca _{0.51} O ₂₄ (OH) _{1.49}
1/14	59.51	«	«	40.19	«	1.86	Ca ₁₀ P _{5.37} Ca _{0.63} O ₂₄ (OH) _{1.37}
1/15	60.15	«	«	38.83	1.02	1.96	Ca ₁₀ P _{5.09} Ca _{0.79} O ₂₄ (OH) _{0.61}
1/16	59.15	«	«	39.44	1.41	1.9	Ca ₁₀ P _{5.26} So _{0.15} Ca _{0.59} O ₂₄ (OH) _{1.56}
1/17	61.51	«	«	38.49	не обн./ not found	2.03	Ca ₁₀ P _{4.95} Ca _{1.07} O ₂₄ (OH) _{0.93}
Среднее ± СКО average ± standard deviation	59.41 ± 0.96	0.21 ± 0.59	не опр./ not defined	39.76 ± 0.84	0.59 ± 0.6	1.89 ± 0.07	(Ca _{9.82} –10So ₀ –0.18)P _{4.93} –5.68So ₀ –.18Ca _{0.15} –1.07O ₂₄ (OH) _{0.39} –2.02
2/1	60.91	«	«	39.09	«	1.98	Ca ₁₀ P _{5.06} Ca _{0.94} O ₂₄ (OH) _{1.06}
2/2	60.33	«	«	39.67	«	1.93	Ca ₁₀ P _{5.19} Ca _{0.81} O ₂₄ (OH) _{1.19}
2/3	59.77	«	«	39.28	0.95	1.93	Ca ₁₀ P _{5.18} So _{0.11} Ca _{0.71} O ₂₄ (OH) _{1.4}
2/4	58.76	1.74	«	39.5	не обн./ not found	1.89	(Ca _{9.84} So _{0.16})P _{5.22} Ca _{0.78} O ₂₄ (OH) _{1.22}
2/5	59.96	не обн./ not found	«	40.04	«	1.9	Ca ₁₀ P _{5.26} Ca _{0.74} O ₂₄ (OH) _{1.26}
2/6	60.4	«	«	39.6	«	1.9	Ca ₁₀ P _{5.26} Ca _{0.74} O ₂₄ (OH) _{1.26}
2/7	60.41	«	«	39.59	«	1.93	Ca ₁₀ P _{5.19} Ca _{0.81} O ₂₄ (OH) _{1.19}
2/8	59.75	«	«	38.8	1.45	1.95	Ca ₁₀ P _{5.12} Ca _{0.88} O ₂₄ (OH) _{1.12}
2/9	58.0	1.95	«	38.85	0.76	1.89	(Ca _{9.82} So _{0.18})P _{5.19} So _{0.14} Ca _{0.67} O ₂₄ (OH) _{1.47}
2/10	61.82	1.97	«	35.09	1.12	2.23	(Ca _{9.83} So _{0.17})P _{4.4} So _{0.12} Ca _{1.48} O ₂₄ (OH) _{0.64}
3/1	62.01	не обн./ not found	«	37.99	не обн./ not found	2.07	Ca ₁₀ P _{4.83} Ca _{1.17} O ₂₄ (OH) _{0.83}
3/2	60.81	«	«	39.18	«	1.97	Ca ₁₀ P _{5.08} Ca _{0.92} O ₂₄ (OH) _{1.08}
3/3	59.06	«	«	39.51	1.43	1.89	Ca ₁₀ P _{5.28} So _{0.17} Ca _{0.55} O ₂₄ (OH) _{1.62}
3/4	59.71	«	«	39.01	1.28	1.94	Ca ₁₀ P _{5.15} So _{0.15} Ca _{0.7} O ₂₄ (OH) _{1.45}
3/5	62.51	«	«	37.49	не обн./ not found	2.11	Ca ₁₀ P _{4.73} Ca _{1.27} O ₂₄ (OH) _{0.61}
3/6	62.15	«	«	37.85	«	2.08	Ca ₁₀ P _{4.8} Ca _{1.2} O ₂₄ (OH) _{0.45}
3/7	59.02	«	«	39.93	1.05	1.87	Ca ₁₀ P _{5.34} So _{0.11} Ca _{0.55} O ₂₄ (OH) _{1.56}

Продолжение таблицы 8
Table 8 continued

№ обр. Sample No.	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	Ca/P _{ар}	Эмпирическая формула Empirical formulas
3/8	58.43	1.81	0.78	37.96	1.02	1.93	(Ca _{9,73} Sr _{0,16} Mn _{0,11}) ₁₀ [P _{4,98} S _{0,12} C _{0,9} O ₂₄](OH) _{1,22}
3/9	60.67	не обн./ not found	не обн./ not found	39.33	не обн./ not found	1.96	Ca ₁₀ [P _{5,11} C _{0,89} O ₂₄](OH) _{1,11}
3/10	62.13	«	«	37.879	«	2.08	Ca ₁₀ [P _{4,81} C _{1,19} O ₂₄](OH) _{0,81}
4/1	60.58	«	«	39.42	«	1.95	Ca ₁₀ [P _{5,09} C _{0,91} O ₂₄](OH) _{1,09}
4/2	60.11	«	«	38.76	1.13	1.97	Ca ₁₀ [P _{5,08} C _{0,92} O ₂₄](OH) _{1,34}
4/3	61.07	«	«	37.89	1.04	2.04	Ca ₁₀ [P _{4,89} S _{0,12} C _{0,99} O ₂₄](OH) _{1,13}
4/4	59.65	«	«	40.35	не обн./ not found	1.87	Ca ₁₀ [P _{5,33} C _{0,67} O ₂₄](OH) _{1,33}
4/5	60.75	«	«	39.25	«	1.96	Ca ₁₀ [P _{5,09} C _{0,91} O ₂₄](OH) _{1,09}
4/6	60.88	«	«	39.12	«	1.97	Ca ₁₀ [P _{5,07} C _{0,93} O ₂₄](OH) _{1,07}
4/7	61.15	«	«	38.85	«	1.99	Ca ₁₀ [P _{5,01} C _{0,99} O ₂₄](OH) _{1,01}
4/8	61.34	1.8	«	36.86	«	2.11	(Ca _{9,85} Sr _{0,15}) ₁₀ [P _{4,67} C _{1,33} O ₂₄](OH) _{0,67}
4/9	61.75	не обн./ not found	«	38.25	«	2.05	Ca ₁₀ [P _{4,89} C _{1,11} O ₂₄](OH) _{0,89}
4/10	60.15	«	«	38.87	0.98	1.96	Ca ₁₀ [P _{5,1} S _{0,11} C _{0,79} O ₂₄](OH) _{1,32}
4/11	59.75	«	«	39.39	0.86	1.92	Ca ₁₀ [P _{5,2} S _{0,1} C _{0,7} O ₂₄](OH) _{1,4}
4/12	60.65	«	«	39.35	не обн./ not found	1.95	Ca ₁₀ [P _{5,12} C _{0,78} O ₂₄](OH) _{0,72}
4/13	60.79	«	«	38.12	1.09	2.02	Ca ₁₀ [P _{4,95} S _{0,13} C _{0,92} O ₂₄](OH) _{1,21}
4/14	59.79	1.64	«	38.57	не обн./ not found	1.97	(Ca _{9,85} Sr _{0,15}) ₁₀ [P _{5,01} C _{0,99} O ₂₄](OH) _{1,01}
Среднее ± СКО average ± standard deviation	60.44± 1.09	0.52± 0.71	0.02± 0.14	38.78± 1.02	0.42± 0.55	1.98± 0.08	(C _{9,73} - ₁₀ Sr ₀ - _{0,17} Mn _{0-0,11})P _{4,4-5,34} S _{0-0,17} C _{0,55-1,48} O ₂₄](OH) _{0,61-1,02}
9/1	58.33	не обн./ not found	«	41.67	«	1.78	Ca ₁₀ [P _{5,63} C _{0,37} O ₂₄](OH) _{1,63}
9/2	57.66	«	«	42.34	«	1.73	Ca ₁₀ [P _{5,79} C _{0,21} O ₂₄](OH) _{1,79}
9/3	58.26	«	«	40.32	1.42	1.83	Ca ₁₀ [P _{5,12} S _{0,17} C _{0,37} O ₂₄](OH) _{1,8}
10/1	62.34	«	«	36.29	1.37	2.18	Ca ₁₀ [P _{4,59} S _{0,15} C _{1,26} O ₂₄](OH) _{0,89}
10/2	60.96	«	«	39.04	не обн./ not found	1.98	Ca ₁₀ [P _{5,05} C _{0,95} O ₂₄](OH) _{1,05}
10/3	58.72	«	«	41.28	«	1.8	Ca ₁₀ [P _{5,54} C _{0,46} O ₂₄](OH) _{1,54}
10/4	56.84	1.98	«	40.02	1.16	1.8	(Ca _{9,82} Sr _{0,18}) ₁₀ [P _{5,45} S _{0,14} C _{0,41} O ₂₄](OH) _{1,73}
10/5	58.27	не обн./ not found	«	41.73	не обн./ not found	1.77	Ca ₁₀ [P _{5,65} C _{0,35} O ₂₄](OH) _{1,65}
10/6	58.28	«	«	41.71	«	1.77	Ca ₁₀ [P _{5,65} C _{0,35} O ₂₄](OH) _{1,15}
10/7	58.7	«	«	40.18	1.12	1.85	Ca ₁₀ [P _{5,4} S _{0,13} C _{0,47} O ₂₄](OH) _{1,66}
10/8	58.8	«	«	41.2	не обн./ not found	1.81	Ca ₁₀ [P _{5,53} C _{0,47} O ₂₄](OH) _{1,53}
10/9	57.83	«	«	40.69	1.48	1.8	Ca ₁₀ [P _{5,55} S _{0,18} C _{0,27} O ₂₄](OH) _{1,91}
10/10	63.73	«	«	36.27	не обн./ not found	2.23	Ca ₁₀ [P _{4,49} C _{1,51} O ₂₄](OH) _{0,49}
10/11	63.77	«	«	36.23	«	2.23	Ca ₁₀ [P _{4,48} C _{1,52} O ₂₄](OH) _{0,48}
10/12	62.71	«	«	37.29	«	2.13	Ca ₁₀ [P _{4,69} C _{1,31} O ₂₄](OH) _{0,69}

Окончание таблицы 8
End of table 8

№ обр. Sample No.	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	Ca/P _{ат}	Эмпирическая формула Empirical formulas
Среднее ± СКО average ± standard deviation	59.68± 2.35	0.13± 0.51	не опр./ not defined	59.75± 2.19	0.44± 0.64	1.91± 0.18	Ca ₁₀ P _{4.48-5.79} Sr _{0-0.18} C _{0.21-1.52} O ₂₄ (OH) _{0.49-1.91}
11/1	58.26	«	«	41.74	«	1.77	Ca ₁₀ P _{5.65} C _{0.35} O ₂₄ (OH) _{1.65}
11/2	58.11	«	«	41.89	«	1.76	Ca ₁₀ P _{5.68} C _{0.32} O ₂₄ (OH) _{1.68}
11/3	59.65	«	«	40.35	«	1.87	Ca ₁₀ P _{5.34} C _{0.66} O ₂₄ (OH) _{1.34}
11/4	56.11	«	«	42.54	1.35	1.67	Ca ₁₀ P _{5.98} Sr _{0.17} C _{0.02} O ₂₄ (OH) _{2.02}
11/5	57.74	«	«	42.26	не обн./ not found	1.73	Ca ₁₀ P _{5.77} C _{0.23} O ₂₄ (OH) _{1.77}
11/6	57.47	«	«	42.53	«	1.71	Ca ₁₀ P _{5.84} Sr _{0.17} C _{0.16} O ₂₄ (OH) _{1.84}
11/7	57.0	1.86	«	41.14	«	1.76	(Ca _{9.83} Sr _{0.17}) ₁₀ P _{5.6} C _{0.4} O ₂₄ (OH) _{1.6}
11/8	58.36	не обн./ not found	«	41.64	«	1.78	Ca ₁₀ P _{5.63} C _{0.37} O ₂₄ (OH) _{1.63}
13/1	57.46	2.01	«	40.53	«	1.80	(Ca _{9.81} Sr _{0.19}) ₁₀ P _{5.46} C _{0.54} O ₂₄ (OH) _{1.46}
13/2	58.47	не обн./ not found	«	41.24	«	1.96	Ca ₁₀ P _{5.1} C _{0.9} O ₂₄ (OH) _{1.1}
13/3	57.58	«	«	42.42	«	1.72	Ca ₁₀ P _{5.81} C _{0.19} O ₂₄ (OH) _{1.81}
13/4	58.16	«	«	41.84	«	1.76	Ca ₁₀ P _{5.67} C _{0.33} O ₂₄ (OH) _{1.67}
13/5	58.27	«	«	40.36	1.37	1.83	Ca ₁₀ P _{5.47} Sr _{0.16} C _{0.37} O ₂₄ (OH) _{1.79}
13/6	59.03	«	«	40.97	не обн./ not found	1.83	Ca ₁₀ P _{5.47} C _{0.53} O ₂₄ (OH) _{1.47}
13/7	59.19	«	«	39.59	1.22	1.89	Ca ₁₀ P _{5.28} Sr _{0.14} C _{0.58} O ₂₄ (OH) _{1.56}
13/8	60.44	«	«	39.56	не обн./ not found	1.94	Ca ₁₀ P _{5.16} C _{0.84} O ₂₄ (OH) _{1.16}
13/9	57.66	«	«	41.35	0.99	1.77	Ca ₁₀ P _{5.65} Sr _{0.12} C _{0.23} O ₂₄ (OH) _{1.89}
13/10	58.48	1.82	«	39.7	не обн./ not found	1.66	(Ca _{9.83} Sr _{0.17}) ₁₀ P _{5.51} C _{0.49} O ₂₄ (OH) _{1.51}
13/11	57.08	не обн./ not found	«	42.92	«	1.69	Ca ₁₀ P _{5.93} C _{0.07} O ₂₄ (OH) _{1.93}
13/12	57.99	«	«	42.01	«	1.75	Ca ₁₀ P _{5.71} C _{0.29} O ₂₄ (OH) _{1.71}
13/13	57.22	«	«	42.78	«	1.69	Ca ₁₀ P _{5.9} C _{0.1} O ₂₄ (OH) _{1.9}
Среднее ± СКО average ± standard deviation	58.08± 0.97	0.27± 0.68	не опр./ not defined	41.4± 1.06	0.23± 0.5	1.78± 0.08	(C _{9.81-10} Sr _{0-0.19})P _{5.16-5.9} Sr _{0-0.17} C _{0.02-0.84} O ₂₄ (OH) _{1.16-2.02}



По данным микронзондового анализа, содержание структурного углерода в биоапатите ушбулакских образцов колеблется, демонстрируя волнообразную тенденцию. В наиболее молодом обр. 1 оно в единицах формульного коэффициента составляет (в скобках — коэффициент вариации) 0.66 ± 0.22 (34 %), в несколько более древних обр. 2—4 (20—10 тыс. л. н.) возрастает до 0.91 ± 0.22 (24 %), в еще более древних обр. 9—10 (45—35 тыс. л. н.) снижается до 0.68 ± 0.48 (71 %), а в наиболее древних обр. 11—13 (50—45 тыс. л. н.) достигает минимума в 0.38 ± 0.24 (63 %). Обобщенным показателем степени структурного замещения фосфора углеродом в структуре биоапатита является так называемый апатитовый модуль (атомная пропорция Ca/P), величина которого возрастает по мере роста степени соответствующего замещения. Расчеты показали, что в ушбулакских костях степень углеродизации биоапатита зависит от возраста костей (рис. 28). В наиболее молодых костях она отвечает биоапатиту в умеренно-измененных плейстоценовых костях, захороненных во внепещерных условиях ($Ca/P_{ат} = 1.89 \pm 0.07$). В промежуточных по возрасту костях биоапатит обнаруживает некоторый рост значений апатитового модуля до 1.91 ± 0.18 , а в наиболее древних костях наблюдается резкое сокращение этого коэффициента до 1.78 ± 0.08 .

Выявленная картина, очевидно, согласуется и с вышеотмеченной тенденцией изменения степени кристалличности биоапатита. Следует отметить, что на фоне ушбулакских костей кости со среднеуральской стоянки Заозерье статистически выглядят более углеродизированными, ближе согласуясь с нормой для неоплейстоценовых костей внепещерного захоронения.

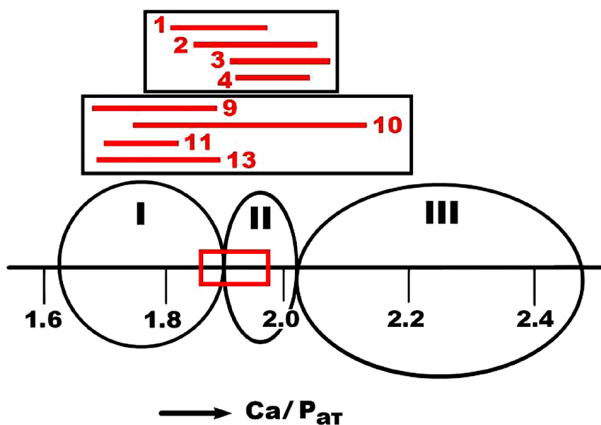


Рис. 28. Вариации коэффициента атомного отношения Ca/P в ушбулакских костях на фоне аналогичных значений в неизмененных костях внепещерного захоронения (I), измененных позднеплейстоценовых костях внепещерного захоронения (II) и в позднеплейстоценовых пещерных кальцинированных костях (III). Красным прямоугольником на графике показаны статистические данные для костей со стоянки Заозерье

Fig. 28. Variations in Ca/P atomic ratio in the Ushbulak bones against the background of similar values in unaltered bones from an extracave burial (I), altered Late Pleistocene bones from an extracave burial (II), and Late Pleistocene calcined cave bones (III). The red rectangle on the graph shows statistical data for the bones from the Zaozerye site

Органический матрикс

Присутствие органического вещества в ископаемых костях легко выявляется термическим методом. На полученных нами кривых нагревания (рис. 29) в диапазоне 20—600 °C зарегистрированы все три характерных для костей термических эффекта: 1) эндотермический пик А с экстремумом при 55—100 °C, обусловленный низкотемпературной дегидратацией (абсорбированная вода) кости с потерей 4—11 % исходной массы; 2) преобладающий по интенсивности экзотермический пик В1 с экстремумом при 282—349 °C; 3) экзотермический пик В2 с экстремумом при 365—476 °C, проявляющийся чаще всего в виде перегиба на высокотемпературном крыле эффекта В1. Оба экзотермических эффекта отражают выгорание органического вещества с потерей от 2 до 20 % исходной массы и выделением H₂O, NO, CO₂. При дальнейшем нагревании происходит декарбонатизация биоапатита с переходом гидроксилкарбонатапатита в гидроксиллапатит и выделением CO₂.

Полученные данные показывают, что термические свойства ушбулакских костей коррелируются с их геологическим возрастом. На кривых нагревания костей с возрастом 10—35 тыс. л. н. регистрируются оба термических эффекта, интенсивности которых и соответствующие потери массы уменьшаются в направлении от относительно молодых костей к более древним. В этом же направлении несколько снижается температура экстремума эффекта В1, повышается температура экстремума эффекта В2. С переходом к самым древним костям (35—45 тыс. л. н.) на кривых нагревания остается только один экзотермический пик с температурой экстремума в области 280—310 °C, сопровождающийся более низкой потерей массы (2—16 %). Все это говорит о постепенной деградации и снижении содержания органического вещества в костях по мере увеличения их возраста.

Термические данные хорошо согласуются с результатами прямого определения содержания органического вещества в исследованных костях. Проведенный анализ показал, что в образцах 2—4 наиболее молодых (20—10 тыс. л. н.) костей среднесмешанное содержание C_{орг} составляет 9.17 мас. %. В образцах 5 и 6 более древних (35—20 тыс. л. н.) костей это содержание снижается до 4.32 мас. %. В обр. 7—10 еще более древних (40—35 тыс. л. н.) костей содержание C_{орг} опускается до 3.65 мас. %, а в образцах 11—13 наиболее древних (50—45 тыс. л. н.) костей оно составляет всего 2.91 %. Таким образом, выявляется безусловная тенденция к сокращению содержания органического вещества в ушбулакских костях по мере их удреждения — коэффициент парной корреляции содержания C_{орг} с возрастом костей достигает -0.99.

Выделение костного коллагена из исследуемых костей осуществлялось методом химической деминерализации, в результате которой было получено костное органическое вещество с выходом в пределах 17.5—0.3 мас. %. Наиболее высокий показатель выхода коллагена закономерно дали образцы 1, 2 самых молодых костей. По мере удреждения костей выход коллагена снижался. Соответствующий коэффициент парной корреляции составил -0.4. Полученный костный коллаген широко варьируется по окраске от преимущественно

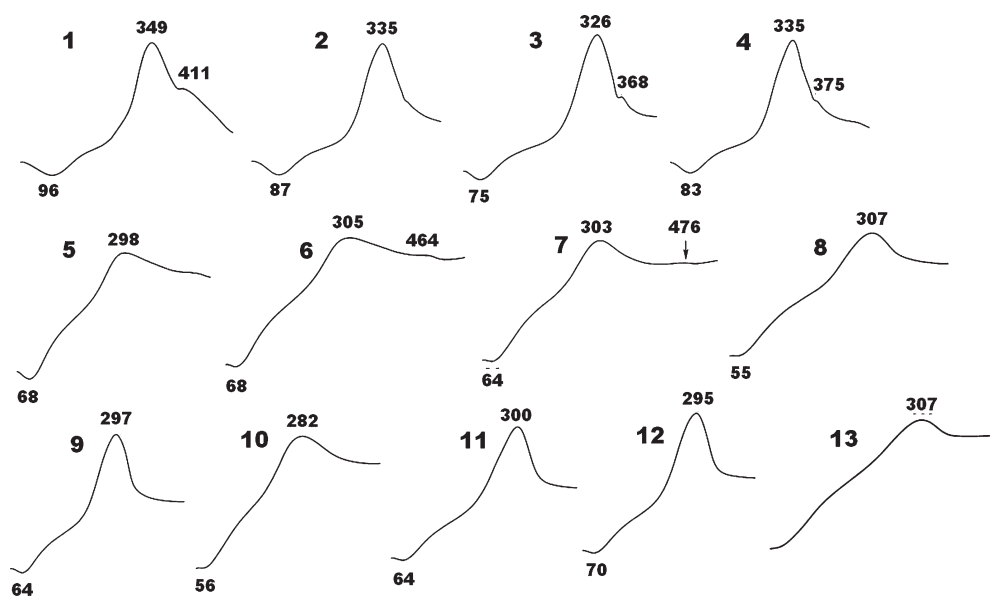


Рис. 29. Кривые нагревания ушбулакских костей (обр. 1–13), цифры на графиках — температуры экстремумов в °С
Fig. 29. Heating curves of the Ushbulak bones (samples 1–13), figures on the graphs indicate temperatures extremes in °C

оранжевой и желтой в относительно молодых костях до преимущественно бурой и темно-бурой в более древних костях (рис. 30–32). В этом же направлении изменяется текстура коллагена — в молодых костях он еще сохраняет признаки фибриллярности (волокнистости), а в наиболее древних становится сильно фрагментизированным, иногда порошковатым. Кроме того, в коллагеновых продуктах растворения древних костей содержится больше минеральных загрязнений.

Элементный состав исследуемого коллагена анализировался методом газовой хроматографии. Полученные данные оказались довольно близкими (мас. %): C = 60–65; N = 20–25. Рассчитанные по этим данным значения атомного отношения C/N составили 3.39–3.91, что вполне приемлемо для изотопных исследований.

В результате аминокислотного анализа в коллагене ушбулак-

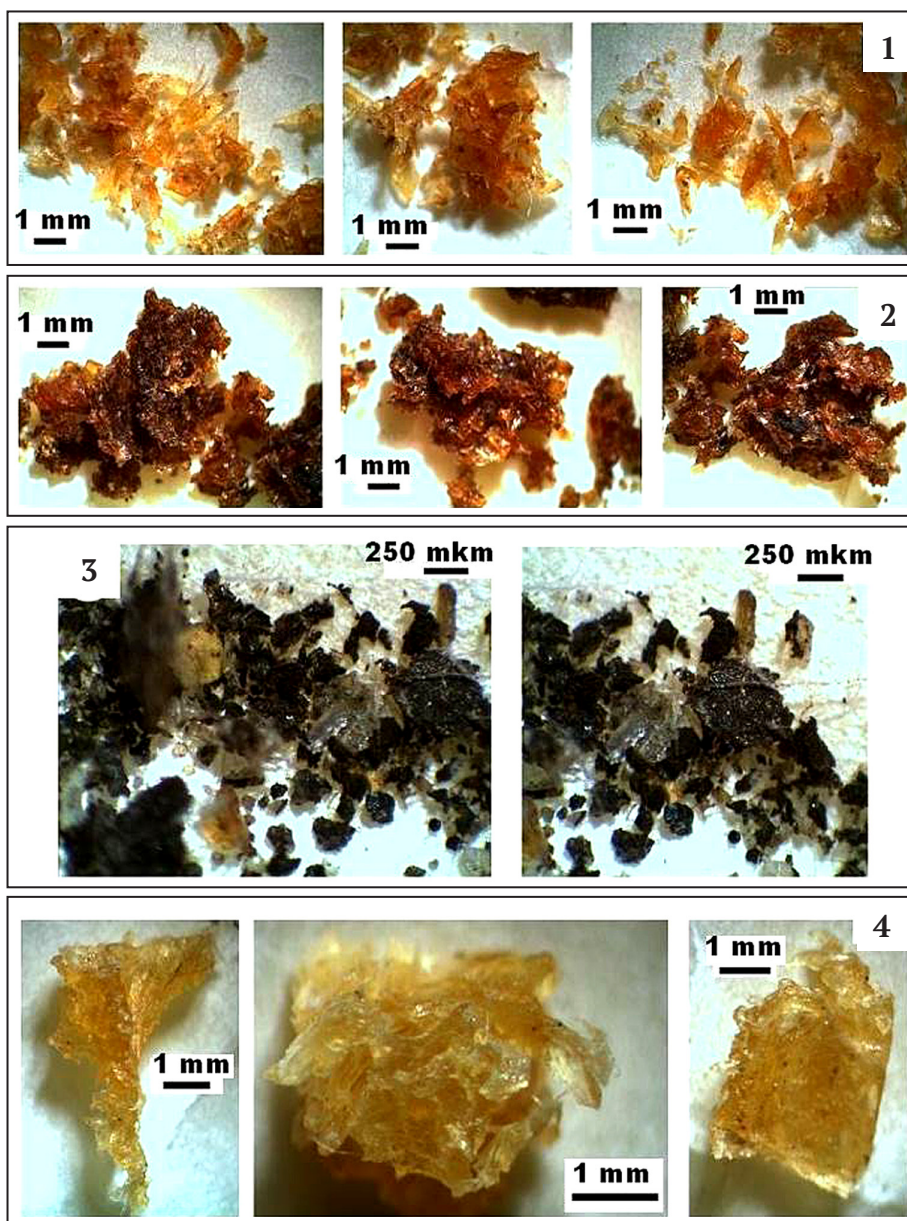


Рис. 30. Внешний вид коллагена из ушбулакских костных обр. 1–4

Fig. 30. Appearance of collagen from Ushbulak bone samples 1–4

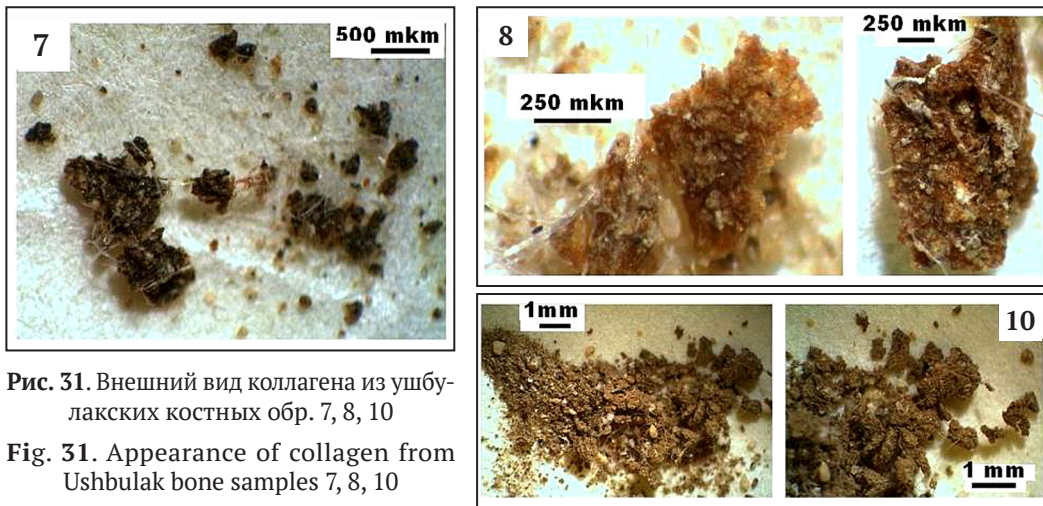


Рис. 31. Внешний вид коллагена из ушбулакских костных обр. 7, 8, 10

Fig. 31. Appearance of collagen from Ushbulak bone samples 7, 8, 10

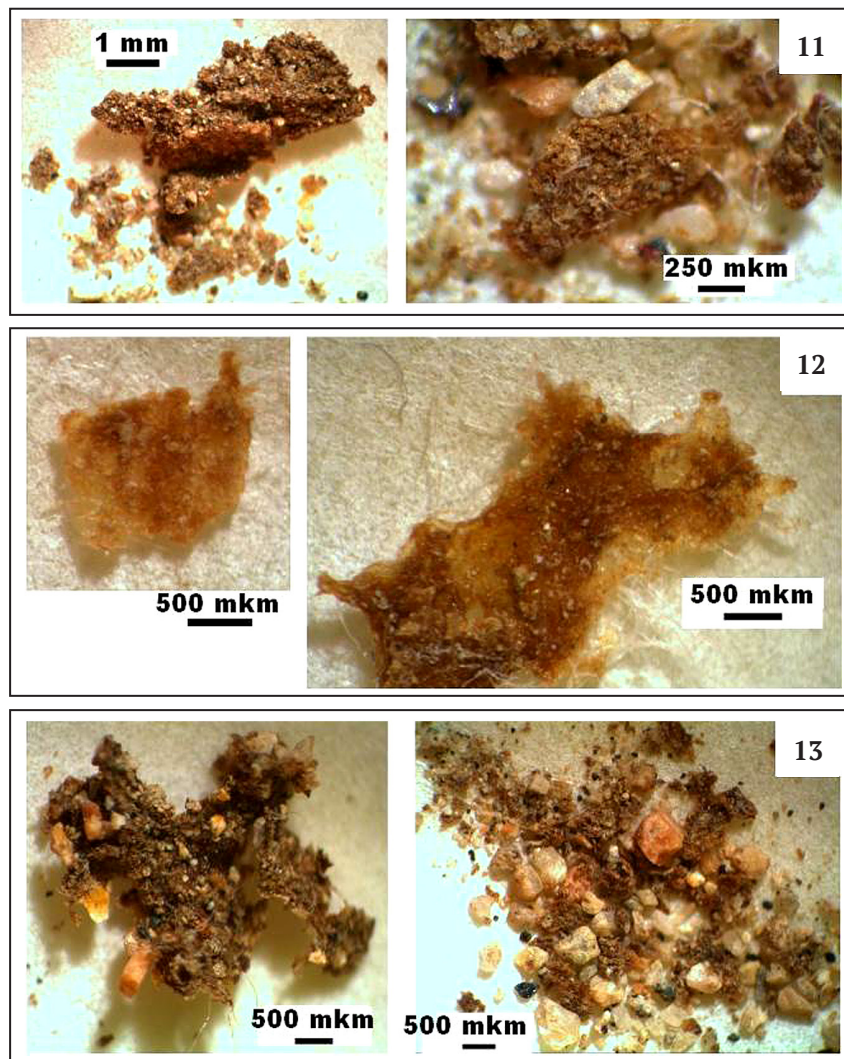


Рис. 32. Внешний вид коллагена из ушбулакских костных обр. 11–13

Fig. 32. Appearance of collagen from Ushbulak bone samples 11–13

ских костей было выявлено 15 белковых аминокислот (АК), многие из которых представлены обоими (L, D) энантиомерами (табл. 9). Валовое содержание АК варьируется в диапазоне от 1235 мг/г в наиболее молодых костях до 149 мг/г в наиболее древних. Групповые содержания АК снижаются в последовательности: алифатические > гидроксильные > кислые > имино > аро-

матические > основные > серусодержащие — которая принципиально отличается от таковой в абиогенном органическом веществе, но соответствует последовательности групповых содержаний в животных белках [12]. Хронологические корреляции валовой и групповых содержаний АК варьируются в пределах от -0.61 до -0.99.



Таблица 9. Содержание аминокислот в ископаемых костях со стоянок Ушбулак (обр. 1, 2, 4, 13) и Заозерье (ЗОЗ)
Table 9. Content of amino acids in fossil bones of Ushbulak sites (sample 1, 2, 4, 13) and Zaozerye (ZOZ)

Аминокислоты / Amino acids	1	2	4	13	303 / ZOZ
Глицин / Glycine	247.9	206.87	227.57	37.79	18.53–210.84
L-аланин / L-alanine	114.78	92.06	105.01	16.97	8.99–95.68
D-аланин / D-alanine	3.5	2.1	3.1	0.4	
L-валин / L-valine	39.24	19.18	26.3	4.06	2.77–27.45
L-лейцин / L-Leucine	1.83	35.06	38.93	6.58	3.58–35.56
L-изолейцин / L-Iso-leucine	18.81	7.97	13.39	2.12	1.25–13.71
Алифатические / Alifatic	426.06	363.24	414.3	67.92	32.86–383.24
L-фенилаланин / L-Phenylalanine	28.14	21.61	22.45	4.33	2.33–23.14
L-тиразин / L-tyrasine	56.09	26.93	42.12	2.63	0.69–26.7
Ароматические / Aromatic	84.23	48.54	64.57	6.96	4.1–52.18
L-лизин / L-Lisin	44.08	30.33	32.77	4.74	1.92–35.98
Основные / Basic	44.08	30.33	32.77	4.74	1.92–35.98
L-глутаминовая кислота L-Glutamic acids	95.74	76.98	83.1	13.9	8.61–93.98
D-глутаминовая кислота D-Glutamic acids	2.01	1.36	1.24	не обн. / not found	
L-аспарагиновая кислота L-Asparagin acid	53.39	37.92	44.32	7.59	5.36–52.77
D-аспарагиновая кислота D-Asparagin acid	3.29	2.54	2.78	не обн. / not found	
Кислые / Acidic	154.43	118.8	131.44	21.49	13.97–146.75
L-серин / L-Serin	141.06	31.94	35.76	6.44	4.03–44.28
L-треонин / L-Threonin	61.91	26.63	37.91	3.6	2.49–77.73
Гидроксипролин Hydroxyprolin	114.19	95.35	99.84	14	6.87–94.84
Гидроксильные / Hydroxyl	317.16	153.92	173.51	24.04	24.04–317.16
L-пролин L-Prolin	188.09	134.15	149.9	23.47	13.46–160
Имино / Imino	188.09	134.15	149.9	23.47	20.33–254.84
L-метионин / L-Methionine	20.5	3.28	не обн. / not found	не обн. / not found	не обн. / not found
Серусодержащие / Sulfur-containing	20.5	3.28	«	«	«
Общее содержание General content	1234.55	852.26	966.49	148.62	83.97–992.2

Ископаемые кости со стоянки Заозерье показывают в среднем меньшее содержание АК, соответствующая по этому показателю ушбулакским костям с возрастом примерно 30–35 тыс. л. н., что вполне согласуется с установленным возрастом заозерских костей. По последовательности снижения групповых содержаний АК ушбулакские и заозерские кости практически тождественны.

Палеоэкологические изотопные индикаторы

Изотопные характеристики были определены по карбонатам в костеносных грунтах, а также по костному биоапатиту и коллагену (табл. 10). Данные, полученные по грунтам, соответствуют пресноводным карбонатам, образующимся в современных ручьях и мел-

Таблица 10. Изотопный состав биоапатита и коллагена в костных остатках и карбоната в костеносных грунтах со стоянки Ушбулак, ‰

Table 10. Isotopic composition of bioapatite and collagen in bone remains and carbonate in one-bearing soils from the Ushbulak site, ‰

№ обр Sample No	Биоапатит / Bioapatite		Коллаген / Collagen		Карбонат / Carbonate	
	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{Air}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$
1	-10.02	26.12	-19.77	5.56	не опр. / undefined	
2	-9.03	22.88	-20.22	5.26	-9.70	17.17
3	-9.58	20.88	-19.34	4.83	-8.96	14.99
4	-9.23	22.81	-19.37	5.59	неопр. / undefined	
5	-9.93	21.95	-21.09	2.72	«	
6	-9.87	20.87	-20.68	2.92	«	
7	-11.87	19.32	-23.14	7.16	-13.28	12.97
8	-11.65	20.39	-23.67	5.82	-11.89	16.40
9	-9.58	18.29	Не опр. / undefined		не опр. / undefined	
10	-9.91	20.22	-24.39	4.10	-14.74	12.02
11	-10.42	18.25	-21.08	4.79	не опр. / undefined	
12	-10.97	21.91	-20.38	6.10	«	
13	-11.98	18.80	-27.74	4.86	«	



ких реках [16], что, разумеется, вполне согласуется с обстановкой захоронения ушбулакских костей.

Полученные данные по костям варьируются в весьма широком диапазоне, хорошо коррелируясь с ландшафтно-климатическими условиями обитания и диетой ушбулакских животных.

По изотопному составу углерода и кислорода в биоапатите (рис. 33) и результатам палеоэкологической реконструкции исследуемые образцы в ландшафтно-климатическом и диетарном отношении могут быть подразделены на следующие группы.

Образцы 7–9, 12, 13 (Каргинский интерстадиал, MIS 3) отвечают костным остаткам млекопитающих, обитавших в условиях умеренно-теплого влажного климата в лесостепях с переходом к лесным ландшафтам с солоновато-пресной водой. Диета отвечала C3-типу фотосинтеза (травянистая).

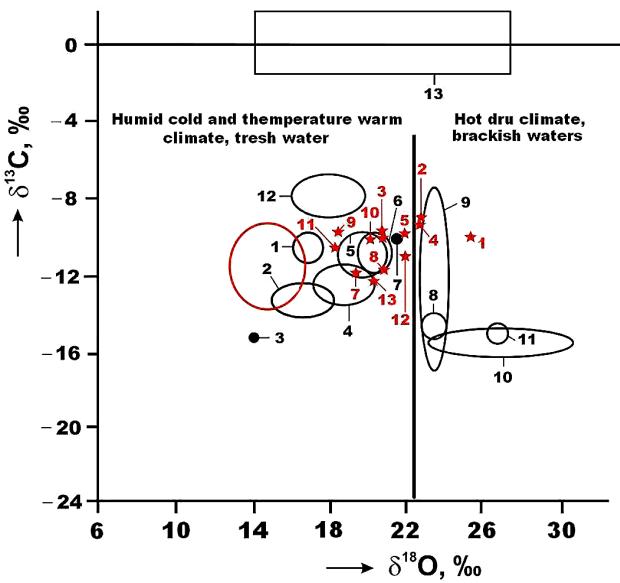


Рис. 33. Изотопный состав углерода и кислорода в биоапатите костных остатков и некоторых эталонных геологических объектах:

1 — плейстоценовые лошади со стоянки Заозерье; 2, 3 — то же соответственно из Якутии и Западной Чукотки; 4, 5 — мамонтовая фауна соответственно с территорий Печорского Приуралья и Западной Сибири; 6 — то же, Западная Европа; 7 — плейстоценовые лошади, Нидерланды; 8, 9 — люди эпох мезолита и неолита; 10–11 — соответственно гигантопитек и орангутан, Южный Китай; 12 — карбонатные отложения в современных речных осадках; 13 — морские карбонатолиты. Точки — единичные данные, поля — среднее ± СКО. Красные звездочки — образцы ушбулакских костей, красный овал — поле карбонатов из костеносных грунтов на стоянке Ушбулак

Fig. 33. The isotopic composition of carbon and oxygen in the bioapatite of bone remains and some reference geological objects:

1 — Pleistocene horses from the Zaozerye site; 2, 3 — the same, respectively, from Yakutia and Western Chukotka; 4, 5 — mammoth fauna, respectively, from the territories of the Pechora Urals and Western Siberia; 6 — the same, Western Europe; 7 — Pleistocene horses, the Netherlands; 8, 9 — people of the Mesolithic and Neolithic eras; 10–11 — Gigantopithecus and Orangutan, respectively, South China; 12 — carbonate deposits in recent river sediments; 13 — marine carbonatoliths. Points, single data; fields, mean ± standard deviation. Red stars are samples of Ushbulak bones, red oval is a field of carbonates from bone soils at the Ushbulak site

Образцы 5, 6, 11 (переход от Каргинского интерстадиала к Поздневалдайскому оледенению, MIS 3–2) соответствуют периоду смены умеренно теплого влажного климата на холодный сухой и обитанию животных в лесостепных ландшафтах с солоновато-пресной и пресной водой. Диета САМ — переходная от C3 к C4.

Образцы 3, 4 (предголоценовое послеледниковье, бёллингское и аллерёдское потепления, MIS 2) — переход от умеренно теплого влажного климата к теплому и сухому в условиях степных ландшафтов с водой от солоновато-пресной к пресно-солоноватой. Диета САМ.

Образец 2 (резкий переход от позднедриасового похолодания к голоценовому потеплению, MIS 1) — умеренно теплый и влажный климат в условиях смены степных ландшафтов на лесостепные с пресной и пресно-солоноватой водой. Диета — САМ.

Образец 1 (мезолитический климатический максимум, MIS 1) — теплый влажный климат в условиях перехода от степных ландшафтов к саваннам с пресно-солоноватой водой. Диета — переходная от САМ к C4 (травянисто-кустарниковой).

Непосредственная оценка изотопно-кислородных палеотемператур в среде обитания растительных животных плейстоцена была недавно осуществлена по биоапатиту зубов на основе экспериментально полученной калибровочной кривой для территории Болгарии [26]. При этом были получены среднегодовые температуры от –5 до 0 °С, на основании которых авторы трактовали соответствующий климат как «субарктический». В действительности полученные температуры, по современным представлениям, соответствуют лишь относительно прохладному континентальному климату. Оценка по упомянутой выше калибровочной кривой среднегодовых температур для заозерских лошадей дает среднегодовые температуры в диапазоне 0...+10 °С, что соответствует умеренно теплому и теплому климату. Для условий палеолитической стоянки Ушбулак реконструируются температуры от 0...+10 для относительно древних животных до примерно +20 °С для самых молодых, т. е. до показателя субтропического климата. Следует отметить, что полученные данные неплохо согласуются с глобальными оценками палеотемператур для неоплейстоцена на диаграмме Г. Гросса (рис. 2, б).

По изотопному составу углерода и азота в костном коллагене ушбулакские образцы в целом отвечают растительноядным животным, но при этом сильно дифференцируются, образуя четыре ландшафтно-климатические группы (рис. 34). В первую из этих групп объединяются обр. 1, 3, 4, отвечающие животным, проживавшим в условиях степей и саванн и потреблявшим растения с переходным от САМ к C4 типом фотосинтеза, что характерно для теплых и относительно засушливых территорий. В современных условиях наилучшим примером этого могут служить данные по голоценовым оленям в аргентинских пампасах [27]. Вторую группу образуют обр. 2, 12, соответствующие животным, обитавшим в достаточно теплых климатических условиях перехода от степей к саваннам. В их диете преобладали растения с САМ-типом фотосинтеза. К третьей группе мы относим обр. 5, 6, 11, которые можно приписать степным животным со смешанной диетой, состоящей из растений с САМ- и C3-типами

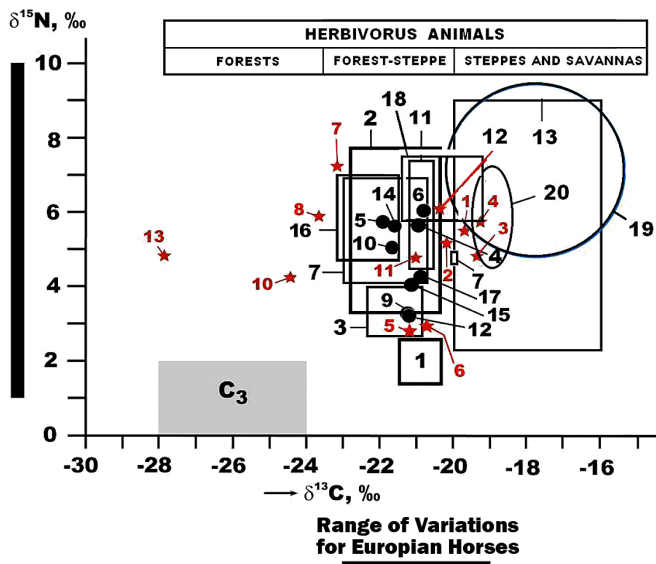


Рис. 34. Изотопный состав углерода и азота в костном коллагене плейстоцен-голоценовых млекопитающих:

1 — лошади со стоянки Заозерье, 2 — мамонтовая фауна, Печорское Приуралье; 3 — плейстоценовые лошади, Германия; 4 — то же, Западная Европа; 5 — то же, Франция; 6 — то же, Бельгия; 7 — то же, Украина; 8, 9 — то же, соответственно Якутия и Западная Чукотка; 10 — то же, Якутия; 11, 12 — то же, Аляска; 13 — мамонтовая фауна, Западная Сибирь; 14 — лошади медного века, Румыния; 15 — средневековые лошади, европейская часть России; 16, 17 — современные лошади, соответственно Польша и Голландия; 18 — плейстоценовые дикие лошади, лоси и овцы, Северное Приангарье [19]; 19 — олени в саванне (пампас) Аргентины [27]; 20 — мега- и крупная фауна Патагонии. Точки — единичные данные, поля — среднее \pm СКО. Красные звездочки — образцы ушбулакских костей

Fig. 34. The isotope composition of carbon and nitrogen in the bone collagen of Pleistocene-Holocene mammals:

1 — horses from the Zaozerye site, 2 — mammoth fauna, Pechora Urals; 3 — Pleistocene horses, Germany; 4 — the same, Western Europe; 5 — the same, France; 6 — the same, Belgium; 7 — the same, Ukraine; 8, 9 — the same, respectively, Yakutia and Western Chukotka; 10 — the same, Yakutia; 11, 12 — the same, Alaska; 13 — mammoth fauna, Western Siberia; 14 — copper age horses, Romania; 15 — medieval horses, the European part of Russia; 16, 17 — modern horses, Poland and Holland, respectively; 18 — Pleistocene wild horses, elks, and sheep, Northern Angara region [19]; 19 — deer in the savannah (pampas) of Argentina [27]; 20 — mega- and large fauna of Patagonia. Points, single data; fields, mean \pm standard deviation. Red stars — samples of Ushbulak bones

фотосинтеза, проживавшим в условиях относительно прохладного климата. И наконец, четвертую, наиболее многочисленную группу составляют обр. 7, 8, 10, 13, отвечающие животным, обитавшим в условиях прохладного и сухого климата, в лугово-степных и лесостепных ландшафтах, основу диеты которых составляли растения C3-типа.

Таким образом, полученные нами изотопные данные сравнительно неплохо коррелируются с климатическими условиями существования млекопитающих на стоянках Ушбулак и Заозерье в неоплейстоцене — начале голоцена, реконструированными выше по генеральной кривой изотопно-кислородной температуры. Кроме того, полученные данные с полной очевидностью свидетельствуют о значительной адап-

тивной гибкости этих животных в обстановке резких колебаний ландшафтно-климатических условий их обитания.

Заключение

Проведены комплексные минералого-геохимические исследования ископаемых костей растительноядных млекопитающих на уникальной для Центрально-Азиатского региона палеолитической стоянке Ушбулак (Северо-Восточный Казахстан), датирующейся в диапазоне от 50 до менее 10 тыс. л. н., т. е. от конца начального палеолита до мезолита/палеометалла. В палеоклиматологическом смысле последовательность исследуемых костных образцов соответствует интервалу от начала Средне-Валдайского интерстадиала, характеризовавшегося относительно теплым климатом (MIS 3) до конца Поздне-Валдайского ледникового (MIS 2) и далее до начала современного теплого периода (MIS 1). Таким образом, исследованная коллекция ископаемых костей демонстрирует редкую по хронологической продолжительности, палеоклиматическому диапазону и практически непрерывную последовательность.

С археологических позиций стоянка Ушбулак является уникальным памятником, на котором в согласном залегании сохранились индустрии разных этапов верхнего палеолита. Это позволяет восстановить точную хронологию бытования и смены палеолитических культур на протяжении всей второй половины позднего плейстоцена.

Костеносные отложения на палеолитической стоянке Ушбулак генетически могут быть определены как склоновые, фашиально варьирующиеся от делювиальных к коллювиальным и далее пролювиальным, включая для некоторых интервалов склоновые флювиогляциальные. В разрезе этих отложений, по данным археологических раскопок, наблюдается восемь слоев, сложенных относительно плохо сортированными алевритистыми супесями с примесью мелкощебнисто-дресвяного материала, песками и гумусированными суглинками с линзочками Fe-Mn-оксигидроксидов. Венчается разрез гумусовым интервалом современной почвы. Археологический материал в этих отложениях представлен костными остатками животных и каменными артефактами. Фазовый состав костеносных отложений определяется кварцем, альбитом, мусковитом, Na-Ca-Mg-амфиболами, Mg-Fe-ортопироксеном, хлоритами, карбонатами, апатитом и Fe-Mn-Al-оксигидроксидами. По литологическому составу эти отложения могут быть определены как фосфат-карбонатсодержащие силикатолиты.

Исследованные костные остатки млекопитающих остеологически идентифицированы как фрагменты трубчатых костей, шейного позвонка и зуба верхней челюсти архаров, куланов и диких лошадей. Важнейшей их микроструктурной характеристикой как органоминерального композита является ультрапористость в нанометровом диапазоне, которая из-за бактериального выедания коллагена в ходе фоссилизации сильно деградирует, характеризуя тем самым степень вторичного изменения и относительный возраст костных остатков. Ушбулакские кости по параметрам нанопористости варьируются от близкой к первичной до сильно-измененной в соответствии с их возрастом.



В исследованных костях выявлена относительно низкая степень загрязнения иллювирированными минеральными примесями, источником которых выступали костеносные грунты. По результатам нормативных расчетов в состав таких примесей входят кварц, альбит, слюды, хлориты, карбонаты, рутил и оксигидроксиды Fe-Mn-Al, суммарное содержание которых колеблется в пределах 3–13 мол. %. Это заметно уступает аналогичным данным, полученным для плейстоценовых лошадей со стоянки Заозерье, и вообще для костей неоплейстоценовых млекопитающих, захороненных в открытых грунтах, но раза в два превышает соответствующие показатели у костей, претерпевших пещерную фоссилизацию.

В ушбулакских костях выявлена довольно широкая ассоциация эпигенетических минералов, состав и распределение которых коррелируются с геологическим возрастом костей. Для относительно молодых костей наиболее характерны сфалерит ($Zn_{0.92-0.94}Fe_{0.06-0.07}S$); ковеллин ($Cu_{0.94-0.96}Fe_{0.03-0.04}S$); сфалерит-ковеллиновые твердые растворы ($Zn_{0.51-0.67}Cu_{0.26-0.46}Fe_{0.03-0.09}S$); карбонаты, представленные кальцитом ($Ca_{0.88-0.98}Ba_{0-0.02}[CO_3]$), манганкальцитом ($Ca_{0.88}Mn_{0.12}[CO_3]$), родохрозитом ($Mn_{0.81-0.97}Ca_{0.02-0.13}Mg_{0-0.06}Ba_{0-0.02}Ni_{0-0.01}[CO_3]$) и кутнагоритом ($Ca_{1-1.02}Mn_{0.98-1}[CO_3]_2$); клиноцоизит ($Ca_{1.98-2.08}Al_{2-2.14}Fe_{0.91-1}2.99-3.08[Si_3O_{12}](OH)_{0.93-1.32}$). В более древних костях обнаружены окисленный пирит состава $(0.02-0.9)FeS_2 + (0.1-0.0.98)FeO(OH)$ и вивианит $Fe_3-3.08[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$. Кроме того, практически во всех костных образцах наблюдается примесь оксигидроксидов состава $(Fe_{0.15-0.97}Al_{0-0.84}Mn_{0-0.85})O(OH)$. Для исследованных костей очень характерен именно фрамбоидальный пирит, прямо указывающий на активное участие бактерий в фоссилизации костей.

Особый интерес представляет обнаружение в костном образце 7 из слоя 6 разреза редко встречающихся в природе поликомпонентных карбонатных твердофазных смесей состава $(Mn_{0.33-0.72}Ca_{0.06-0.55}Co_{0.04-0.23}Ni_{0-0.02})[CO_3]$. Не исключено, что обнаружение таких минералов в ушбулакских костях может указывать на существование в соответствующей геологической среде проявлений перспективных Co-Mn-минерализаций.

В составе исследованных костных остатков обнаружены 52 микроэлемента, в том числе 12 элементов-эссенциалов, 18 физиологически активных элементов и 22 элемента-антибионта. Суммарная концентрация микроэлементов варьируется в диапазоне от 419 до 2711 г/т, увеличиваясь по мере удреждения костей. По этой концентрации ушбулакские образцы сильно уступают костям со стоянки Заозерье и вообще большей части исследованных нами костей, находящихся во внепещерных захоронениях. Пропорция между групповыми концентрациями элементов-эссенциалов и антибионтов в исследованных костях изменяется от 6.54 в наиболее молодых костях до 0.08 в наиболее древних. Эту закономерность подтверждает и отношение содержания эссенциального цинка к содержанию физиогенно-активной меди, которое в хронологической последовательности изменяется от 33.33 до 0.35. Таким образом, пропорция между микроэлементами-эссенциалами и антибионтами является весьма эффективным критерием оценки степени фоссилизации

и, соответственно, относительного возраста ископаемых костей. Дополнительным показателем этого может служить суммарная концентрация лантаноидов, накапливающихся в костях в результате их взаимодействия с вмещающими грунтами. В рассматриваемом случае эта концентрация варьируется от 4 г/т в самой молодой кости до 171–188 г/т в наиболее древних.

Степень кристалличности костного биоапатита оценивалась по рентгеновским дифрактограммам и данным ИК-спектроскопии. Установлено, что в направлении от относительно молодых к более древним костям происходит рост значений рентгеновских индексов кристалличности на 55–100 %, т. е. в хронологической последовательности ушбулакских костей степень кристалличности биоапатита увеличивается в 1.5–2 раза. Это подтверждается и спектроскопическими результатами. Сравнение полученных данных с аналогичными данными по костям плейстоценовых лошадей со стоянки Заозерье указывает, что в последних уровень кристалличности биоапатита более высокий. Возможно, это отражает своеобразие фоссилизации костных остатков в условиях погребения в подвижных склоновых отложениях.

Согласно полученным данным, биоапатит в ушбулакских костях имеет сравнительно простой состав, характеризуясь структурной примесью Sr и Mn в катионной подрешетке и S, C в анионной. Содержание структурного углерода заметно колеблется, демонстрируя волнообразную тенденцию. В наиболее молодом образце атомное содержание углерода (формульные коэффициенты) составляет 0.66 ± 0.22 , в несколько более древних образцах оно возрастает до 0.91 ± 0.22 (24 %), в еще более древних образцах снижается до 0.68 ± 0.48 (71 %), а в наиболее древних достигает минимума в 0.38 ± 0.24 (63 %). Атомная пропорция Ca/P (апатитовый модуль) в молодых костях отвечает умеренно-измененным плейстоценовым костям, захороненным во внепещерных условиях (1.89 ± 0.07). В промежуточных по возрасту костях биоапатит показывает рост модуля (1.91 ± 0.18), а в наиболее древних костях зафиксировано его резкое сокращение (1.78 ± 0.08).

Органическое вещество в ушбулакских костях выявляется уже термическим методом: на кривых нагревания наблюдаются преобладающий по интенсивности экзотермический эффект В1 с экстремумом при 282–349 °С и дополнительный экзотермический эффект В2 с экстремумом при 365–476 °С. Оба эффекта отражают выгорание органического вещества с потерей от 2 до 20 % исходной массы и выделением H_2O , NO , CO_2 . Положение пиков и их интенсивность коррелируются с возрастом костей, указывая на хронологическую последовательность снижения в них содержания коллагена.

Элементный состав коллагена в исследованных костях (мас. %): C = 60–65; N = 20–25. Атомные отношения C/N составили 3.39–3.91, что указывает на удовлетворительную сохранность химического состава костного органического вещества. В составе костного коллагена выявлено 15 белковых аминокислот (АК). Валовое содержание АК костей варьируется в диапазоне от 1235 мг/г в наиболее молодых костях до 839 мг/г в наиболее древних. Групповые содержания АК снижаются в последовательности: алифатические > гидроксильные > кислые > имино > ароматические > ос-

новые > серусодержащие. Выявленная последовательность принципиально отличается от таковой в абиогенном органическом веществе и при этом соответствует именно животным белкам.

По изотопному составу углерода и кислорода в биопатите, результатам палеоэкологической реконструкции исследуемые образцы в ландшафтно-климатическом отношении подразделены на пять групп, закономерно распределяясь в интервале от Каргинского интерстадиала с умеренно теплым влажным климатом (лесостепи и лесные ландшафты) к Поздневалдайскому оледенению с холодным сухим климатом (лесостепные ландшафты) и далее к предголоценовому послеледниковью (бёллингское и аллерёдское потепления) с умеренно теплым влажным и теплым сухим климатом (степные ландшафты), позднедриасовому похолоданию и к голоценовому потеплению с умеренно теплым и теплым влажным климатом (переход от степных и лесостепных ландшафтов к саваннам). Предполагаемые среднегодовые температуры в среде обитания животных колебались от 0...+10 до +20 °С.

По изотопному составу углерода и азота в костном коллагене ушбулакские образцы в целом отвечают растительноядным животным, обитавшим в разных ландшафтно-климатических обстановках. Наиболее древние животные проживали в условиях относительно холодного и сухого климата в лугово-степных и лесостепных ландшафтах, основу их диеты составляли растения С3 типа. Более молодые популяции были степными животными со смешанной диетой С3-САМ, обитавшими в условиях относительно прохладного климата. Еще более молодые млекопитающие жили в теплых климатических условиях перехода от степей к саваннам. Наконец, популяция раннего мезолита существовала в условиях степей и саванн с теплым засушливым климатом, характеризуюсь переходной от САМ к С4 диетой. Полученные изотопные данные хорошо коррелируются с климатическими условиями существования млекопитающих в районе стоянки Ушбулак в неоплейстоцене — начале голоцена, свидетельствуя о значительной адаптивной гибкости этих животных в обстановке резких колебаний ландшафтно-климатической обстановки.

Таким образом, проведенные в последние годы в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН экспериментальные исследования подтвердили высокую эффективность минералогических методов в применении к биоорганическим объектам, включая костные остатки животных в археологических памятниках, и обеспечили тем самым вывод отечественной биоминералогии на новый уровень развития.

Полевые исследования выполнены в рамках программы НИР FWZG-2022-0008 «Центральная Азия в древности: археологические культуры каменного века в условиях меняющейся природной среды». Содержания микроэлементов определены в ЦКП ИГТ УрО РАН «Геоаналитик» при финансовой поддержке гранта РФФИ научного проекта № 20-09-00194 А и в рамках государственного задания ИГТ УрО РАН (номер государственной регистрации АААА-А18-118053090045-8).

За участие в полевых работах авторы признательны профессору Евразийского университета Ж. К. Таймагамбетову, а за ценное содействие в исследованиях благодарят м. н. с А. С. Шуйского, ведущего химика-техно-

лога О. В. Кокшарову, ведущего инженера-химика И. В. Смолеву, старшего инженера-технолога С. Т. Неверова, ведущему инженеру-технологу Е. М. Тропникова.

Литература

1. Анойкин А. А., Павленок Г. Д., Харевич В. М., Таймагамбетов Ж. К., Шалагина А. В., Гладышев С. А., Ульянов В. А., Шуньков М. В. Ушбулак — новая многослойная стоянка верхнего палеолита на северо-востоке Казахстана // Археология, этнография и антропология Евразии. 2019а. Т. 47. № 4. С. 16—29.
2. Анойкин А. А., Павленок Г. Д., Харевич В. М., Шалагина А. В., Гладышев С. А., Марковский Г. И., Таймагамбетов Ж. К. Начальные этапы верхнего палеолита на севере Центральной Азии: по материалам стоянки Ушбулак в Восточном Казахстане // V Северный археологический конгресс. Ханты-Мансийск — Екатеринбург: Альфа-Принт, 2019б. С. 6—8.
3. Вишняцкий Л. Б. Культурная динамика в середине позднего плейстоцена и причины верхнепалеолитической революции. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2008. 251 с.
4. Кораго А. А. Введение в биоминералогию. СПб: Недра, 1992. 280 с.
5. Курбанов Р. Н., Ульянов В. А., Анойкин А. А., Павленок Г. Д., Семиколенных Д. В., Харевич В. М., Таймагамбетов Ж. К., Мюррей Э. С. Первая люминесцентная хронология начального верхнего палеолита Восточного Казахстана (по материалам стоянки Ушбулак) // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2021. № 5. С. 131—148.
6. Марковский Г. И., Козликин М. В., Анойкин А. А. Новые данные о комплексах начального верхнего палеолита стоянки Ушбулак (по материалам южного участка памятника) // Теория и практика археологических исследований. 2019. Т. 28. № 4. С. 141—155.
7. Павленок Г. Д., Анойкин А. А., Шалагина А. В., Харевич В. М. Материалы слоев 1—4 стоянки Ушбулак (Восточный Казахстан) // Евразия в кайнозое. Стратиграфия. Палеоэкология. Культуры. 2018. Вып. 7. С. 203—210.
8. Павленок Г. Д., Анойкин А. А., Бочарова Е. Н., Кулик Н. А., Ульянов В. А. Слой 5.1 верхнепалеолитической стоянки Ушбулак: археология, петрография, планиграфия // Теория и практика археологических исследований. 2019. Т. 28. № 4. С. 154—163.
9. Павлов П. Ю., Силаев В. И., Смолева И. В., Киселёва Д. В. Реконструкция среды обитания на палеонтологической стоянке Заозерье (Средний Урал) на основе минералогических свойств // V Северный археологический конгресс. Ханты-Мансийск — Екатеринбург: Альфа-Принт, 2019. С. 336—338.
10. Павлова В. В., Петухова Е. С., Исакова Т. А., Колесова Е. С., Чириков А. А., Протопопов Ф. Ф. Исследование бивня мамонта методом ИК-спектроскопии // Оптика и спектроскопия. 2022. Т. 130. № 3. С. 369—375.
11. Силаев В. И. Кобальтсодержащие квалузиты Полярного Урала: к проблеме минералогическо-геохимической дифференциации марганца в земной коре. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 132 с.
12. Силаев В. И., Кокин А. В., Павлович Н. В., Шанина С. Н., Киселева Д. В., Васильев Е. А., Мартиросян О. В., Смолева И. В., Филиппов В. Н., Хазов А. Ф., Шуйский А. С., Щемелинина Т. Н., Игнатьев Г. В., Слюсарь А. В. Первые результаты комплексных исследований современных микроорганизмов физико-химическими и минералогическо-геохимическими методами // Вестник геонаук. 2021. № 9. С. 3—33.



13. Силаев В. И., Паршукова М. Н., Гимранов Д. О., Филиппов В. Н., Киселёва Д. В., Смолева И. В., Тропников Е. М., Хазов А. Ф. Минералого-геохимические особенности пещерной фоссиллизации ископаемых костей на примере пещеры Иманай (Южный Урал) // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. № 4. С. 323–358.

14. Силаев В. И., Пономарев Д. В., Симакова Ю. С., Шанина С. Н., Смолева И. В., Тропников Е. М., Хазов А. Ф. Современные исследования ископаемого костного детрита: палеонтология, минералогия, геохимия // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 5. С. 19–31.

15. Силаев В. И., Пономарев Д. В., Слещенко С. М., Бондарев А. А., Киселёва Д. В., Смолева И. В., Хазов А. Ф. Минералого-геохимические исследования костного детрита плейстоценовых млекопитающих, включая древнейшего в Северной Евразии сапиенса // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. Т. 4. № 29. С. 6–30.

16. Силаев В. И., Чайковский И. И., Митюшева Т. П., Хазов А. Ф. Современные карбонатные минерализации на испарительных и седиментационно-диагенетических изотопно-геохимических барьерах. Сыктывкар, Геопринт, 2008. 68 с.

17. Силаев В. И., Шанина С. Н., Смолева И. В., Киселёва Д. В., Чередниченко Н. В., Хазов А. Ф., Туманова Е. А., Павлов П. Ю. Опыт использования минералого-геохимических свойств костных остатков для реконструкции среды обитания на палеолитической стоянке Заозерье (Средний Урал) // ПАЖМИ. 2019. № 2. С. 35–77.

18. Харевич В. М., Анойкин А. А., Шалагина А. В., Павленок Г. Д., Таймагамбетов Ж. К. Первичное расщепление в индустрии начальных этапов верхнего палеолита на стоянке Ушбулак (Восточный Казахстан) // Известия Иркутского государственного университета. 2018. Т. 23. С. 3–23.

19. Хубанова А. М., Хубанов В. Б., Новосельцева В. М., Соколова Н. Б., Клементьев А. М., Посохов В. Ф. Особенности состава изотопов углерода и азота в коллагене зубов *Egus ferus* и *Alces americanus* из археологического местонахождения Усть-Кеуль I (Северное Приангарье) // Вестник Иркутского государственного университета. 2017. Т. 21. С. 33–59.

20. Шуньков М. В., Таймагамбетов Ж. К., Анойкин А. А., Павленок К. К., Харевич В. М., Козликин М. Б., Павленок Г. Д. Новая многослойная верхнепалеолитическая стоянка Ушбулак-1 в Восточном Казахстане // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: Ин-т археологии и этнографии СО РАН, 2016. Т. 22. С. 203–207.

21. Anoin A. A., Pavlenok G. D., Kharevich V. M., Taimagambetov Z. K., Shalagina A. V., Gladyshev S. A., Ulyanov V. A., Duvanbekov R. S., Shunkov M. V. Ushbulak — A New Stratified Upper Paleolithic Site in Northeastern Kazakhstan // *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*. 2019. № 4. pp. 16–29.

22. Hoffecker J. F., Wolf C. A. (Ed.). The Early Upper Paleolithic: evidence from Europe and the Near East // *BAR International Series*. 1988. Vol. 437. 277 p.

23. Gross H. *Einzeitalter und Gegenwart* // Ohningen. 1958. 9. pp. 9–13.

24. Herwartz D., Tutken T., Jochum K. P., Sander P. M. Rare earth elements systematics of fossil bone revealed by LA-ICP-MS analysis // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2013. V. 103. pp. 161–183.

25. McLennan S. M. Rare earth element geochemistry and the «tetrad» effect // *Geochem. Cosmochim. Acta*. 1994. V. 58. pp. 2025–2033

26. Paderzani S., Britton K., Aldeias V., Bourgon N., Fewlass H., Lauer T., McPherron S., Rezek Z., Sirakov N, Smith G.M., Spasov R., Tran N.-Han, Tsanova T., Hublin J.-J. Subarctic climate for the earliest Homo sapiens in Europe // *Science Advances*. 2021. V. 7. pp. 1–10.

27. Scheifler N. A., Merino M. L., Vitale P., Kaufman C., Messineo P. G., Alvares M. C. Isotopic Ecology in Modern and Holocene Populations of Pampas Deer (*Ozotoceras bezoarticus*) from Eastern Central Argentina. Implications for Conservation Biology and Ecological Models of Huntergatherer Subsistence // *Environmental Archaeology. The Journal of Human Palaeoecology*. 2020. V. 25. № 4.

28. Shunkov M., Anoin A., Taimagambetov Z., Pavlenok K., Kharevich V., Kozlikin M., Pablenok G. Ushbulak-1 site: new Initial Upper-Paleolithic evidence from Central Asia // *Antiquity*. 2017. V. 91. Iss. 360. Projekt Gallery. pp. 1–7.

29. Shunkov M. V., Anoin A. A., Pavlenok G. D., Kharevich V. M., Shalagina A. V., Zotkina L. V., Taimagambetov Zh. K. Nouveau site Paleolithique superieur ancien au nord de l'Asie Centrale (New Initial Upper Paleolithic site in northern Central Asia) // *L'Anthropologie*. 2019. Vol. 123. pp. 438–451.

30. Silaev V. I., Ponomarev D. V., Kiseleva D. V., Smoleva I. V., Simakova Yu. S., Martirosyan O. V., Vasil'ev E. A., Khazov A. F., Tropnikov E. M. Mineralogical-Geochemical Characteristics of the Bone Detritus of Pleistocene Mammals as Source of Paleontological Information // *Paleontological Journal*. 2017. V. 13. № 13. pp. 1395–1421.

31. Ulmann P. V., Voegelé K. K., Grandstaff D. E., Ash R. D., Zheng W., Schoeter E. R., Schweitzer M. H., Lacovara K. J. Molecular tests support the viability of rare earth elements as proxies for fossil biomolecular preservation // *Scientific reports*, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-72648-6

References

1. Anoin A. A., Pavlenok G. D., Harevich V. M., Taimagambetov Zh. K., Shalagina A. V., Gladyshev S. A., Ulyanov V. A., Shunkov M. V. *Ushbulak — novaya mnogosloynnaya stoyanka verkhnego paleolita na severo-vostoke Kazakhstana* (Ushbulak — a new multilayer Upper Paleolithic site in the north-east of Kazakhstan). *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Yevrazii* (Archeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia). 2019A, V. 47, No. 4, pp. 16–29.

2. Anoin A. A., Pavlenok G. D., Kharevich V. M., Shalagina A. V., Gladyshev S. A., Markovsky G. I., Taimagambetov Zh. K. *Nachalnyye etapy verkhnego paleolita na severe Tsentral'noy Azii: po materialam stoyanki Ushbulak v Vostochnom Kazakhstane* (Initial stages of the Upper Paleolithic in the north of Central Asia: based on materials from the Ushbulak site in East Kazakhstan). V Northern Archaeological Congress. Khanty-Mansiysk-Yekaterinburg: Alfa-Print LLC, 2019b, pp. 6–8.

3. Vishnyatsky L. B. *Kulturnaya dinamika v seredine pozdnego pleystotsena i prichiny verkhnepaleoliticheskoy revolyutsii* (Cultural dynamics in the middle of the late Pleistocene and the causes of the Upper Paleolithic revolution). St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg. Inst, 2008, 251 p.

4. Korago A. A. *Vvedeniye v biomineralogiyu* (Introduction to biomineralogy). St. Petersburg: Nedra, 1992, 280 p.

5. Kurbanov R. N., Ul'yanov V. A., Anoin A. A., Pavlenok G. D., Semikolennykh D. V., Harevich V. M., Taimagambetov Zh. K., Murray E. S. *Pervaya lyuminescentnaya khronologiya nachal'nogo verkhnego paleolita Vostochnogo Kazakhstana (po materialam stoyanki Ushbulak)* (The first luminescent chronology of the initial Upper Paleolithic of East Kazakhstan (based



on materials from the Ushbulak site)). Moscow University Bulletin. Ser. 5. Geography, 2021, No. 5, pp. 131–148.

6. Markovsky G. I., Kozlikin M. V., Anoykin A. A. *Novyye dannyye o kompleksakh nachal'nogo verkhnego paleolita stoyanki Ushbulak (po materialam yuzhnogo uchastka pamyatnika)* (New data on the Early Upper Paleolithic complexes of the Ushbulak site (based on materials from the southern section of the site)). Theory and practice of archaeological research. 2019, V. 28, No. 4, pp. 141–153.

7. Pavlenok G. D., Anoin A. A., Shalagina A. V., Kharevich V. M. *Materialy sloyev 1–4 stoyanki Ushbulak (Vostochnyy Kazakhstan)* (Materials from layers 1–4 at the Ushbulak site (East Kazakhstan)). Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy. Paleocology. Cultures, 2018, Issue 7, pp. 203–210.

8. Pavlenok G. D., Anoin A. A., Bocharova E. N., Kulik N. A., Ulyanov V. A. *Sloy 5.1 verkhnepaleoliticheskoy stoyanki Ushbulak: arkheologiya, petrografiya, planigrafiya* (Layer 5.1 of the Upper Paleolithic Ushbulak site: archeology, petrography, planigraphy). Theory and practice of archaeological research, 2019, V. 28, No. 4, pp. 154–163.

9. Pavlov P. Yu., Silaev V. I., Smoleva I. V., Kiseleva D. V. *Rekonstruktsiya sredy obitaniya na paleontologicheskoy stoyanke Zaozer'ye (Sredniy Ural) na osnove mineralogo-geokhimicheskikh svoystv* (Reconstruction of the habitat at the Zaozerye paleontological site (Middle Urals) based on mineralogical and geochemical properties). V Northern Archaeological Congress. Khanty-Mansiysk-Yekaterinburg: Alfa-Print LLC, 2019, pp. 336–338.

10. Pavlova V. V., Petukhova E. S., Isakova T. A., Kolesova E. S., Chirikov A. A., Protopopov F. F. *Issledovaniye bivnya mamonta metodom IK spektroskopii* (Study of mammoth tusk by IR spectroscopy). Optics and Spectroscopy, 2022, V. 130, No. 3, pp. 369–375.

11. Silaev V. I. *Kobal'tsoderzhashchiye kvaluzity Polyarnogo Urala: k probleme mineralogo-geokhimicheskoy differentsiatsii margantsa v zemnoy kore* (Cobalt-bearing qualusites of the Polar Urals: to the problem of mineralogical and geochemical differentiation of manganese in the earth's crust). Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002, 132 p.

12. Silaev V. I., Kokin A. V., Pavlovich N. V., Shanina S. N., Kiseleva D. V., Vasiliev E. A., Martirosyan O. V., Smoleva I. V., Filippov V. N., Khazov A. F., Shuisky A. S., Shchemelinina T. N., Ignatiev G. V., Slyusar A. V. *Pervyye rezul'taty kompleksnykh issledovaniy sovremennykh mikroorganizmov fiziko-khimicheskimi i mineralogo-geokhimicheskimi metodami* (The first results of complex studies of modern microorganisms by physical-chemical and mineralogical-geochemical methods). Vestnik of Geosciences, 2021, No. 9, pp. 3–33.

13. Silaev V. I., Parshukova M. N., Gimranov D. O., Filippov V. N., Kiseleva D. V., Smoleva I. V., Tropnikov E. M., Khazov A. F. *Mineralogo-geokhimicheskiye osobennosti peshchernoy fossilizatsii iskopayemykh kostey na primere peshchery Imanay (Yuzhnyy Ural)* (Mineralogical and geochemical features of cave fossilization of fossil bones on the example of the Imanay cave (Southern Urals)). Bulletin of the Perm University. Geology, 2020, V. 19, No. 4, pp. 323–358.

14. Silaev V. I., Ponomarev D. V., Simakova Yu. S., Shanina S. N., Smoleva I. V., Tropnikov E. M., Khazov A. F. *Sovremennyye issledovaniya iskopayemogo kostnogo detrita: paleontologiya, mineralogiya, geokhimiya* (Modern studies of fossil bone detritus: paleontology, mineralogy, geochemistry). Bulletin of the Institute of Geology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2016, No. 5, pp. 19–31.

15. Silaev V. I., Ponomarev D. V., Slepchenko S. M., Bondarev A. A., Kiseleva D. V., Smoleva I. V., Khazov A. F.

Mineralogo-geokhimicheskiye issledovaniya kostnogo detrita pleystotsenovykh mlekopitayushchikh, vlyuchaya drevneyshego v Severnoy Yevrazii sapiyensa (Mineralogical and geochemical studies of bone detritus of Pleistocene mammals, including the most ancient sapiens in Northern Eurasia). Bulletin of the Perm University, Geology, 2015, V. 4, No. 29, pp. 6–30.

16. Silaev V. I., Chaikovskiy I. I., Mityusheva T. P., Khazov A. F. *Sovremennyye karbonatnyye mineralizatsii na isparitel'nykh i sedimentatsionno-diageneticheskikh izotopno-geokhimicheskikh bar'yerakh* (Modern carbonate mineralizations on evaporation and sedimentation-diagenetic isotope-geochemical barriers). Syktyvkar, Geoprint, 2008, 68 p.

17. Silaev V. I., Shanina S. N., Smoleva I. V., Kiseleva D. V., Cherednichenko N. V., Khazov A. F., Tumanova E. A., Pavlov P. Yu. *Opyt ispol'zovaniya mineralogo-geokhimicheskikh svoystv kostnykh ostatkov dlya rekonstruktsii sredy obitaniya na paleoliticheskoy stoyanke Zaozer'ye (Sredniy Ural)* (Experience in using the mineralogical and geochemical properties of bone remains for the reconstruction of the habitat at the Paleolithic site Zaozerye (Middle Urals)). PAZHMI, 2019, No. 2, pp. 35–77.

18. Harevich V. M., Anoin A. A., Shalagina A. V., Pavlenok G. D., Taymagambetov Zh. K. *Pervichnoye rasshchepeniye v industrii nachal'nykh etapov verkhnego paleolita na stoyanke Ushbulak (Vostochnyy Kazakhstan)* (Primary splitting in the industry of the initial stages of the Upper Paleolithic at the Ushbulak site (East Kazakhstan)). Bulletin of the Irkutsk State University, 2018, V. 23, pp. 3–23.

19. Khubanova A. M., Khubanov V. B., Novoseltseva V. M., Sokolova N. B., Klementiev A. M., Posokhov V. F. *Osobennosti sostava izotopov ugleroda i azota v kollagene zubov Eguus ferus i Alces americanus iz arkheologicheskogo mestonakhozhdeniya Ust'-Keul I (Severnoye Priangar'ye)* (Features of the composition of carbon and nitrogen isotopes in the collagen of the teeth of *Eguus ferus* and *Alces americanus* from the archaeological site of Ust'-Keul I (Northern Angara region)). Bulletin of the Irkutsk State University, 2017, V. 21, pp. 33–59.

20. Shunkov M. V., Taymagambetov Zh. K., Anoin A. A., Pavlenok K. K., Harevich V. M., Kozlikin M. B., Pavlenok G. D. *Novaya mnogosloynnaya verkhnepaleoliticheskaya stoyanka Ushbulak-1 v Vostochnom Kazakhstane* (New multilayered Upper Paleolithic site Ushbulak-1 in Eastern Kazakhstan). Problems of archeology, ethnography, anthropology of Siberia and adjacent territories. Novosibirsk, Institute of Archeology and Ethnography SB RAS, 2016, V. 22, pp. 203–207.

21. Anoin A. A., Pavlenok G. D., Kharevich V. M., Taimagambetov Z. K., Shalagina A. V., Gladyshev S. A., Ulyanov V. A., Duvanbekov R. S., Shunkov M. V. *Ushbulak — A New Stratified Upper Paleolithic Site in Northeastern Kazakhstan*. Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia, 2019, No. 4, pp. 16–29.

22. Hoffecker J. F., Wolf C. A. (Ed.). *The Early Upper Paleolithic: evidence from Europe and the Near East*. BAR International Series, 1988, V. 437, 277 p.

23. Gross H. *Einzeitaler und Gegenwart*. Ohringen, 1958, 9, pp. 9–13.

24. Herwartz D., Tutken T., Jochum K. P., Sander P. M. Rare earth elements systematics of fossil bone revealed by LA-ISP-MS analysis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2013, V. 103, pp. 161–183.

25. McLennan S. M. Rare earth element geochemistry and the «tetrad» effect. *Geochem. Cosmochim. Acta*, 1994, V. 58, pp. 2025–2033

26. Paderzani S., Britton K., Aldeias V., Bourgon N., Fewlass H., Lauer T., McPherron S., Rezek Z., Sirakov N., Smith G.M.,



Spasov R., Tran N.-Han, Tsanova T., Hublin J.-J. Subarctic climate for the earliest Homo sapiens in Europe. *Science Advances*, 2021, V. 7, pp. 1–10.

27. Scheifler N. A., Merino M. L., Vitale P., Kaufman C., Messineo P. G., Alvares M. C. Isotopic Ecology in Modern and Holocene Populations of Pampas Deer (*Ozotoceras bezoarions*) from Eastern Central Argentina. Implications for Conservation Biology and Ecological Models of Huntergatherer Subsistence. *Environmental Archaeology. The Journal of Human Palaeoecology*, 2020, V. 25, No. 4.

28. Shunkov M., Anoin A., Taimagambetov Z., Pavlenok K., Kharevich V., Kozlikin M., Pablenok G. Ushbulak-1 site: new Initial Upper-Paleolithic evidence from Central Asia. *Antiquity*, 2017, V. 91, 360, Project Gallery, pp. 1–7.

29. Shunkov M. V., Anoin A. A., Pavlenok G. D., Kharevich V. M., Shalagina A. V., Zotkina L. V., Taimagambetov Zh. K.

Nouveau site Paléolithique supérieur ancien au nord de l'Asie Centrale (New Initial Upper Paleolithic site in northern Central Asia). *L'Anthropologie*. 2019, V. 123, pp. 438–451.

30. Silaev V. I., Ponomarev D. V., Kiseleva D. V., Smoleva I. V., Simakova Yu. S., Martirosyan O. V., Vasil'ev E. A., Khazov A. F., Tropnikov E. M. Mineralogical-Geochemical Characteristics of the Bone Detritus of Pleistocene Mammals as Source of Paleontological Information. *Paleontological Journal*, 2017, V. 13, No. 13, pp. 1395–1421.

31. Ulmann P. V., Voegelé K. K., Grandstaff D. E., Ash R. D., Zheng W., Schoeter E. R., Schweitzer M. H., Lacovara K. J. Molecular tests support the viability of rare earth elements as proxies for fossil biomolecular preservation. *Scientific reports*, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-72648-6

Поступила в редакцию / Received 23.03.2022

Бронзолитейное производство вычегодских пермян (по материалам нижневычегодского Чезтыягского могильника)

И. С. Астахова¹, Э. А. Савельева²

¹Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; astakhova@geo.komisc.ru

²Институт языка, литературы и истории ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; eleonorasav@yandex.ru

Статья посвящена погребениям раскопа № 7 нижневычегодского Чезтыягского могильника вымской культуры Перми Вычегодской, в которых обнаружены предметы, указывающие на занятия населения бронзолитейным производством. На основе анализа погребального инвентаря обоснована принадлежность этих погребений женщинам. Аналитические исследования состава предметов проводились с помощью оптического и сканирующего электронного микроскопа. Проведенный химический анализ металлического лома, найденного в погребениях, представлен оловянистыми бронзами с обособлениями свинца, металлургически чистой медью, оловом и серебряно-медистым сплавом. В изготовлении украшений и бытовых предметов использовалась металлургически чистая медь, свинцово-медистый сплав, цинковая и оловянистая бронзы. Получены убедительные свидетельства существования местного бронзолитейного производства. Преимущественно местное производство было связано с оловянистыми бронзами, свинцом и медью. Среди изделий из цветного металла представлены как изделия местных мастеров, так и привозные. Сходство состава сплавов изделий и лома подтверждает предположение о принадлежности рассматриваемых погребений женщинам-литейщицам, основной сферой деятельности которых являлось бронзолитейное производство.

Ключевые слова: эпоха Средневековья, вымская культура, Пермь Вычегодская, бронзолитейное производство, женщины-литейщицы, Чезтыягский могильник, нижняя Вычегода, археометаллургия, сплавы.

Bronze casting of the Vycheгда Permians (based on the materials of the Lower-Vycheгда Chezhtyyag burial ground)

I. S. Astakhova¹, E. A. Savelyeva²

¹Institute of Geology, FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

²Institute of Language, Literature and History, FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The paper deals with the burials of the excavation No. 7 of the Lower-Vycheгда Chezhtyyag burial ground of the Vym culture of the Vycheгда Perm, in which objects indicating the occupation of the population by bronze casting were found. The analytical studies were based on using optical and scanning electron microscopes. Based on the analysis of the grave goods, the belonging of these burials to women is substantiated. The conducted geochemical analysis of scrap metal found in the burials is represented by tin bronzes with lead separations, metallurgical copper, tin and silver-copper alloy. Metallurgical copper, lead-copper, zinc bronze, and tin bronze were used to manufacture adornments and household items. Convincing evidence of local bronze casting was obtained. Tin bronzes, lead and copper were produced mainly locally. Among the non-ferrous metal products, both products of local craftsmen and imported ones are presented. The similarity of the composition of non-ferrous metal and scrap metal products confirms the assumption that the burials in question belong to female casters, whose main field of activity was bronze casting.

Keywords: the epoch of the Middle Ages, Vym culture, Vycheгда Perm, bronze casting, women-casters, Chezhtyyag burial ground, Lower-Vycheгда, archeometallurgy, alloys.

Введение

Проблема развития бронзолитейного производства у вычегодских пермян, предков современных коми-зырян, относится к числу слабоизученных. Она не являлась предметом специального исследования, хотя затрагивалась в некоторых публикациях. Первые попытки изучения бронзолитейного производства вычегодских пермян относятся к началу 70-х годов XX в. На основе полуколичественного спектрального анализа 29 предметов из Кичилькосьского-I могильника вымской культуры, выполненного в 1971 г. в лаборатории Института геологии Коми филиала АН СССР Т. И. Ивановой, было установлено, что большинство бронзовых вещей имеет довольно однородный химический состав, основу которого составляет медь; важ-

нейшими примесями являются свинец, цинк и олово. Большинство предметов отлито из свинцово-цинково-оловянной бронзы. С учетом выявленных естественных примесей был сделан вывод о выплавке металла из сульфидной руды [18, с. 116–117].

В 2001 г. А. В. Бирюков в общем перечне орудий ремесла памятников эпохи Средневековья Европейского Северо-Востока перечислил единичные инструменты литья на памятниках вымской культуры Перми Вычегодской. Исследователем также было высказано предположение о развитии местного бронзолитейного производства [4, с. 160–168].

Во второй половине XX в. археолого-этнографической экспедицией Сыктывкарского государственного университета под руководством Т. В. Истоминой бы-

Для цитирования: Астахова И. С., Савельева Э. А. Бронзолитейное производство вычегодских пермян (по материалам нижневычегодского Чезтыягского могильника) // Вестник геонаук. 2022. 4(328). С. 38–50. DOI: 10.19110/geov.2022.4.2.

For citation: Astakhova I. S., Savelyeva E. A. Bronze casting of the Vycheгда Permians (based on the materials of the Lower-Vycheгда Chezhtyyag burial ground). Vestnik of Geosciences, 2022, 4(328), pp. 38–50, doi: 10.19110/geov.2022.4.2.



ли проведены исчерпывающие раскопки Чезтыягского могильника на Нижней Вычегде, где были обнаружены погребения с предметами бронзолитейного производства, что позволяет на новом источниковедческом уровне обратиться к этой проблеме.

Раскоп № 7 Чезтыягского могильника

Чезтыягский могильник расположен на левом берегу р. Вычегды, напротив дер. Вездино Усть-Вымского района Республики Коми (рис. 1). Автором раскопок он отнесен к нижневычегодскому варианту вымской культуры и датирован XI—XIV вв., хотя отмечено, что большинство погребений относится к XII—XIII вв. [9, с. 127—136].

Погребения расположены девятью группами, которые находятся на разном, порой значительном, рас-

пог.) совершенно способом кремации. Они заполнены углисто-зольным песком, в котором беспорядочно залегают кальцинированные кости и предметы погребального инвентаря.

В связи с отсутствием антропологического материала предпринята попытка определения половой принадлежности погребенных по сопровождающему инвентарю. Из 14 погребений 12 бесспорно относятся к женским. Проблематично определение гендерной принадлежности пог. 131, которое выделяется среди остальных и размерами, и конструктивными особенностями сруба, и погребальным инвентарем. По размерам оно значительно крупнее остальных (255 × 184 × 33 см). Соответственно более крупными размерами отличается и сруб. Его длина составляет 220 см, ширина 130 см, высота около 10 см, продольные стенки сооружены не из плах, как во всех других погребениях, а из целых бре-

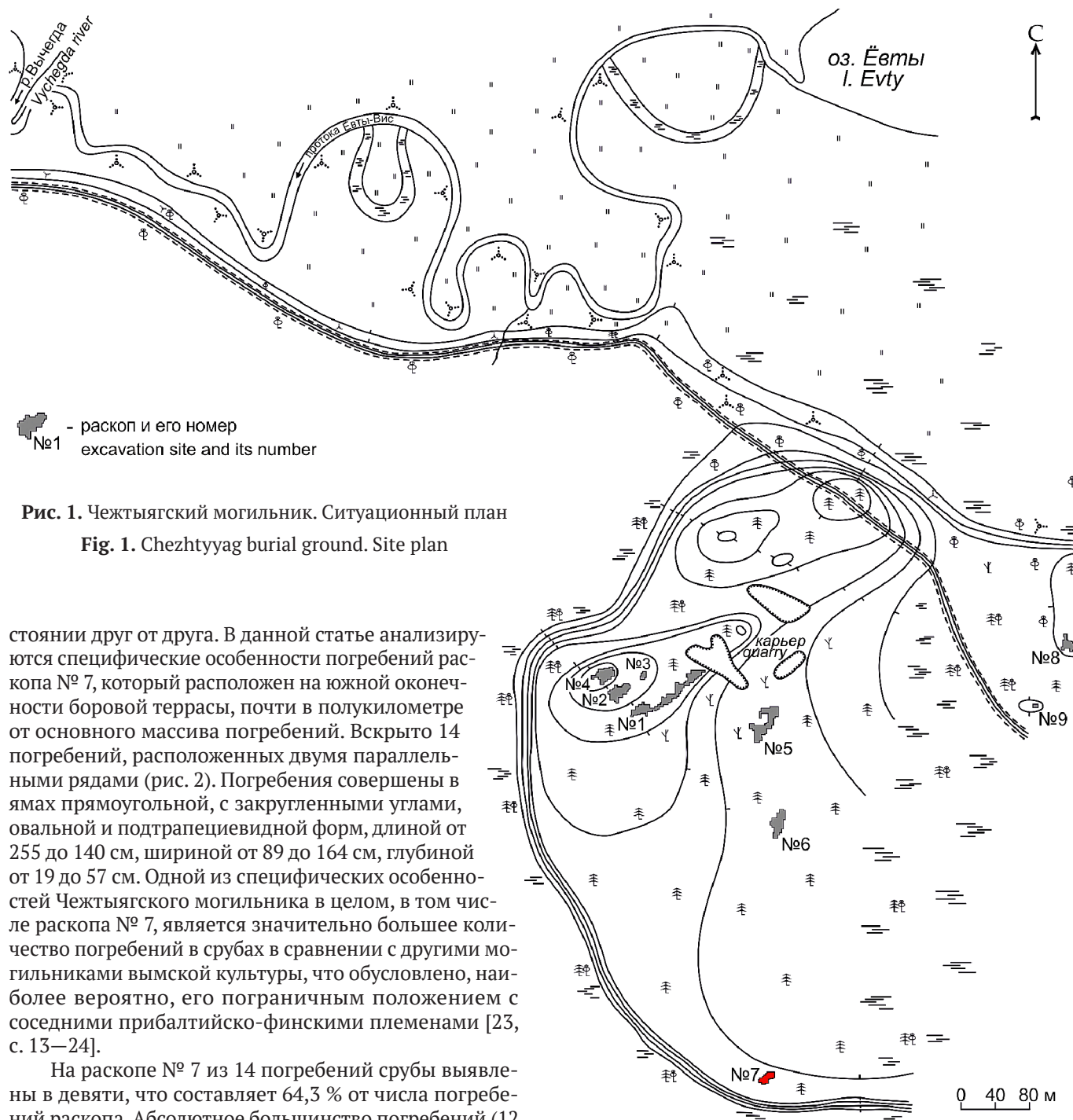


Рис. 1. Чезтыягский могильник. Ситуационный план
Fig. 1. Chezhtyyag burial ground. Site plan

стоянии друг от друга. В данной статье анализируются специфические особенности погребений раскопа № 7, который расположен на южной оконечности боровой террасы, почти в полукилометре от основного массива погребений. Вскрыто 14 погребений, расположенных двумя параллельными рядами (рис. 2). Погребения совершены в ямах прямоугольной, с закругленными углами, овальной и подтрапцевидной форм, длиной от 255 до 140 см, шириной от 89 до 164 см, глубиной от 19 до 57 см. Одной из специфических особенностей Чезтыягского могильника в целом, в том числе раскопа № 7, является значительно большее количество погребений в срубах в сравнении с другими могильниками вымской культуры, что обусловлено, наиболее вероятно, его пограничным положением с соседними прибалтийско-финскими племенами [23, с. 13—24].

На раскопе № 7 из 14 погребений срубы выявлены в девяти, что составляет 64,3 % от числа погребений раскопа. Абсолютное большинство погребений (12

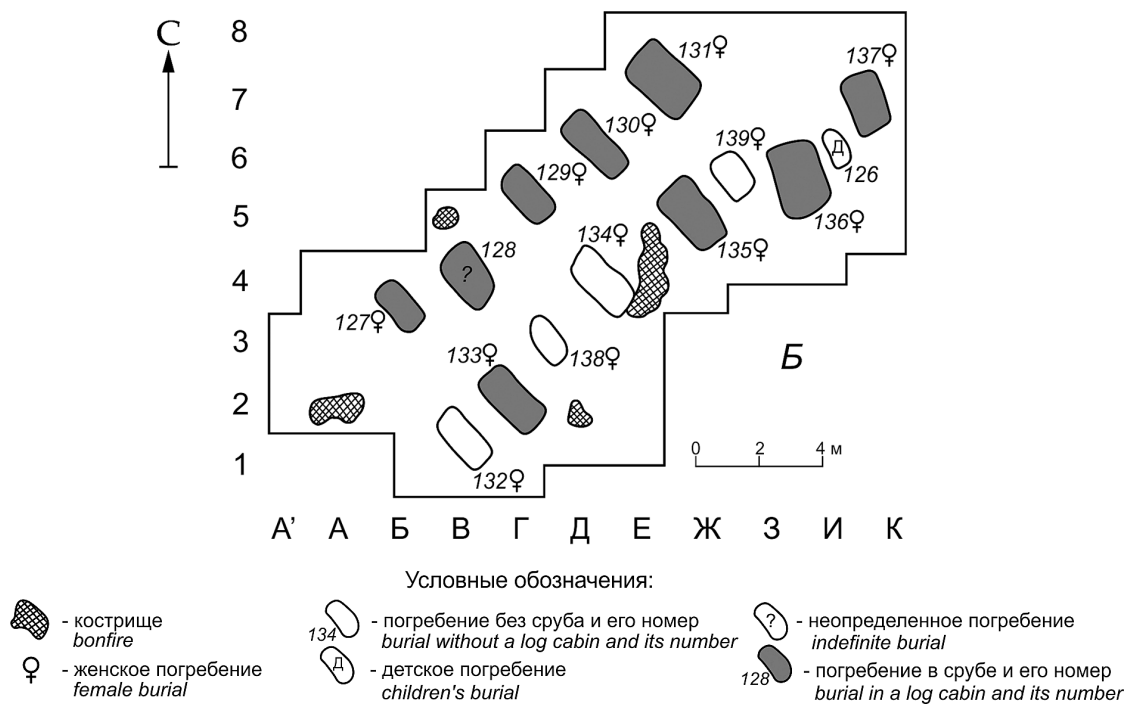


Рис. 2. Чезтыгский могильник. План раскопа № 7

Fig. 2. Chezhtyag burial ground. Plan of excavation No. 7

вен, доски на дне лежат не параллельно вдоль стенок сруба, а поперек. Погребальный инвентарь представлен обломком серебряной бляшки, выполненной в технике скани и зерни, и серебряного шатона к ней, крупной цилиндрической бусиной со стянутыми краями, с накладными нитями стекла, обломком железного наконечника стрелы, двумя бронзовыми слитками, двумя обломками бронзовых изделий, мелкими обломками железных предметов и тремя фрагментами лепной керамики. До предположения об отнесении его к мужским была находка в погребении железного наконеч-

ника стрелы, однако известно, что погребения финно-угорских женщин-литейщиц нередко сопровождалось оружием [5, с. 75–87; 13, с. 154–155; 8, с. 172]. Наиболее вероятно, что пог. 131 принадлежит женщине с высоким социальным статусом. Определение гендерной принадлежности пог. 128 не представляется возможным — в нем найдены только три обломка неопределенных железных предметов [табл. 1].

Главной особенностью погребений этого раскопа являются предметы, указывающие на занятия населения бронзолитейным производством. В шести погреб-

Таблица 1. Характерные особенности могильных ям

Table 1. Characteristic features of grave pits

№ п/п	№ погр.	Размеры / Sizes			Способ погребения / Burial method		Пол / Sex		Форма могильной ямы / Shape of grave pit			Сруб / Log cabin			
		длина length	ширина width	глубина depth	т/с	т/п	М male	Ж female	прямо. straight	овал. oval	трап. trapezoidal	длина length	ширина width	высота height	столбик column
1	127	255	125	57	+			+	+			220	90	15	+
2	128	238	128	45	+			+	+			200	60–70	8	+
3	129	204	89	42	+			+	+			165	60	7	
4	130	233	100	27				+	+			205	80	14	13–15
5	131	255	184	33			+		+			220	130	10	
6	132	206	96	36		+		+	+			–	–	–	–
7	133	240	95	33	+			+	+			?	?	7	
8	138	155	78	19		?	?	?		+		–	–	–	–
9	134	243	118	30	+			+	+			–	–	–	–
10	135	252	105	32	+			+	+			210	75	10	+
11	139	140	85	25	+?			+			+	–	–	–	–
12	136	238	164	35	+			+	+			185	85	–	–
13	126	122	75	28	+			+		+		–	–	–	–
14	137	206	131	40	+			+	+			185	105	15	–



бениях (пог. 131, 133–136, 138) найдены оплавленные слитки металла, металлические шарики, обломки бронзовых пластинок, в погребениях 132, 137 — обломки льячек, рядом с пог. 127 — железный ювелирный пинцет, в пог. 129 — литейная форма из сланца серого цвета, в виде неправильного прямоугольника со сквозным круглым отверстием в центре диаметром 4 мм и литником у рабочей поверхности (рис. 3). Во многих погребениях лежали аморфные фрагменты бронзовых изделий, расплавившиеся в такой степени, что их идентификация невозможна.

В пог. 135 с богатым вещевым инвентарем найдено 12 оплавившихся бронзовых предметов, абсолютно деформировавшихся, среди них есть мелкие, каплевидной формы. Аналогичная ситуация в пог. 136, в котором идентификация многих оплавившихся бронзовых вещей возможна только предположительно, встречаются мелкие обломки бронзовых изделий, оплавленные слитки бронзы, бронзовые ядрышки, а также многочисленные обломки медного котла. Мелкие обломки бронзовых изделий, слитки бронзы, бронзовые ядрышки найдены и за пределами погребения. Наиболее вероятно, что они пред-

ставляют собой производственный лом, предназначенный для переплавки.

К особенностям этих погребений относится и разнообразный набор женских украшений. Прежде всего обращает на себя внимание многочисленность стеклянных бус. Из одиннадцати погребений с бусами в пяти из них насчитывается несколько десятков экземпляров. Общее количество стеклянных бус превышает 240 экз., кроме них найдено 19 бронзовых. Наряду с бусами найдены бронзовые украшения: височные кольца, трубчатые и спиралевидные пронизки, грушевидные и шаровидные бубенчики, конусовидные пронизки, перстни, шумящие подвески, целые и в обломках, предметы поясной гарнитуры, единичные серебряные украшения. Из бытовых предметов встречаются ножи, бронзовые пуговицы, кремневые кресальные осколки. Наиболее многочисленной категорией являются фрагменты керамических сосудов и, реже, целые разбитые сосуды. Во многих погребениях обнаружены обломки нескольких сосудов. Как правило, фрагменты одного сосуда встречаются как в погребении, так и рядом с ним. Насыщено находками и межмогильное пространство с остатка-

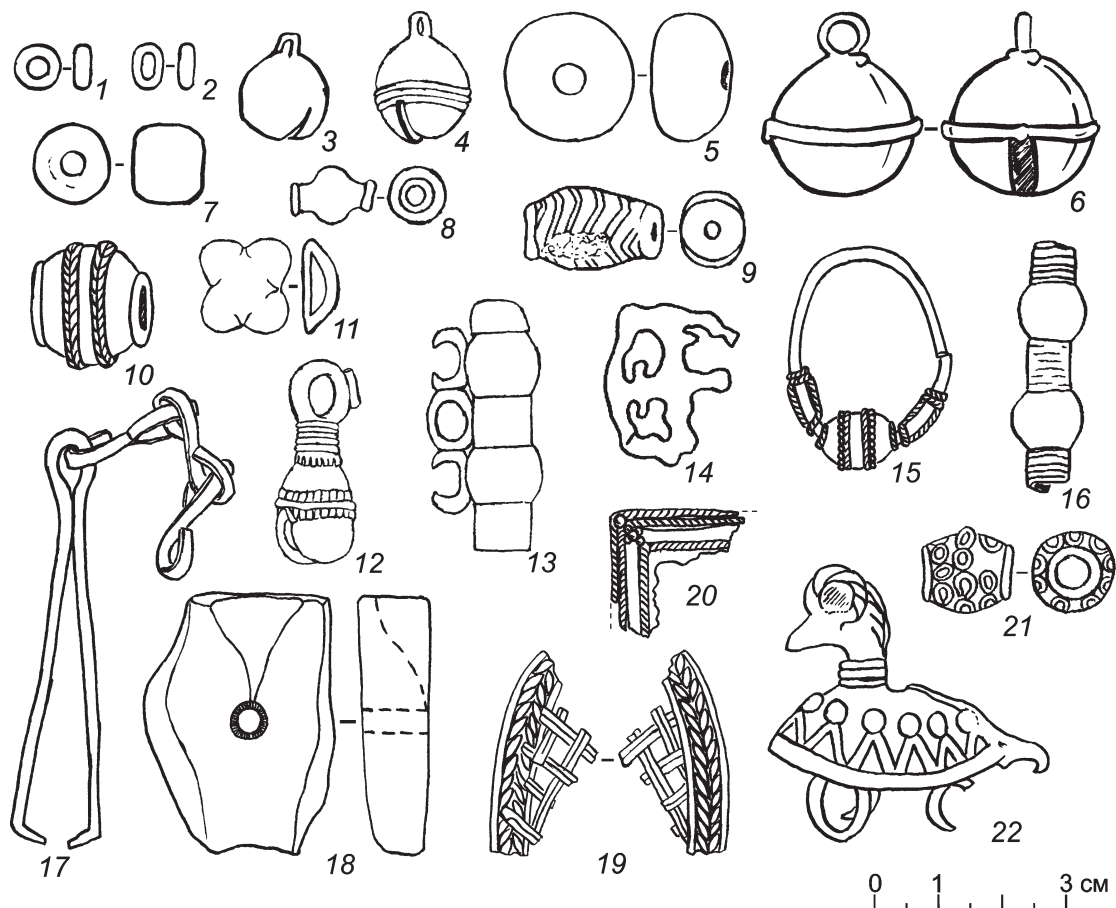


Рис. 3. Предметы погребального инвентаря Чезтыягского могильника:

1, 2, 5, 7 — пог. 134; 3, 19 — пог. 139; 4, 11–13 — пог. 136; 6 — пог. 141; 8, 10, 21 — кв. 4Е; 9, 20 — пог. 131; 14, 16 — кв. 3А; 15 — пог. 127; 17, 22 — кв. 2А; 18 — пог. 129. Материал: серебро — 15, 20; стекло — 1, 2, 5, 7, 9; бронза — 3, 4, 6, 8, 10–12, 14, 16, 19, 21, 22; железо — 17; камень — 18

Fig. 3. Items of grave goods of the Chezhtyyag burial ground:

1, 2, 5, 7 — burial 134; 3, 19 — burial 139; 4, 11–13 — burial 136; 6 — burial 141; 8, 10, 21 — square 4E; 9, 20 — burial 131; 14, 16 — square 3A; 15 — burial 127; 17, 22 — square 2A; 18 — burial 129. Material: silver — 15, 20; glass — 1, 2, 5, 7, 9; bronze — 3, 4, 6, 8, 10–12, 14, 16, 19, 21, 22; iron — 17; stone — 18

ми поминально-жертвенных тризн, среди которых встречаются предметы, связанные с бронзолитейным производством. В целом погребальный инвентарь отличается очень высокой степенью обожженности, что отличает его от других могильников вымской культуры.

Чезтыягский могильник в настоящее время является первым и единственным могильником вымской культуры, на котором выявлена группа погребений, которая предположительно принадлежит выделившимся из общины женщинам, основной сферой деятельности которых являлось бронзолитейное производство.

На могильниках вымской культуры находки металлообрабатывающего инвентаря единичны. На Кичилькосьском-I могильнике в двух погребениях (пп. 11, 78) с богатым погребальным инвентарем обнаружены льячки [22, с. 176, 205]. Ложковидная льячка обнаружена на Петкойском могильнике в пог. 14 [20, с. 112, рис. 5, 14]. Рядом с пог. 290 на Жигановском могильнике найден ювелирный пинцет [21, с. 419, рис. 291, 4]. Все перечисленные погребения с предметами литья являются женскими и отличаются богатым погребальным инвентарем.

Находки инструментов литья на памятниках вымской культуры бесспорно указывают на развитие местного бронзолитейного производства у вычегодских пермян, однако только материалы раскопок погребений Чезтыягского могильника позволяют подтвердить высказанное впервые Б. А. Рыбаковым, а затем убедительно обоснованное Л. А. Голубевой положение, что погребения женщин с орудиями литья свидетельствуют о специализации ювелирного дела, процессе выделения женского литейного ремесла [16, с. 90–94; 5, с. 79]. Л. А. Голубевой вершиной его развития определяется X в., однако отмечается, что еще в первой половине XI в. у волжских финнов это ремесло оставалось женским [5, с. 85]. Л. А. Голубевой впервые были выделены специфические этнические традиции в бронзолитейном производстве различных групп волжских финнов [5, с. 78]. Эта идея нашла дальнейшее развитие в работах Т. Б. Никитиной и Д. Ю. Ефремовой, исследующих погребения женщин-литейщиц на средневековых могильниках Вятско-Ветлужского междуречья [14, с. 77–78; 15, с. 336–344; 13, с. 146–165]. Погребения женщин с предметами бронзолитейного производства известны и на памятниках пермских финнов [8, с. 169–183], веси [2; 3, с. 5–7; 6, с. 70].

Погребения женщин-литейщиц, выявленные у финно-угров, объединяет ряд общих черт: предметы бронзолитейного производства (тигли, льячки, литейные формы, производственный лом, предназначенный для переплавки), преобладание в погребальном инвентаре женских украшений, богатство погребений, насыщенное находками межмогильное пространство. Они свидетельствуют о высоком социальном статусе погребенных, обусловленном их литейным ремеслом, наделением их магическими способностями.

Хронологические рамки погребений женщин-литейщиц на Чезтыягском могильнике определяются XII–XIII вв. Бронзовая умбоновидная шумящая подвеска с привесками в виде колокольчиков находит

аналогии в древнемарийских могильниках XII–XIII вв. [1, рис. 23, 25; 12]. Шаровидные бубенчики с линейной прорезью, тремя рельефными линиями по тулову датируются последней четвертью XI в. до второй половины XIII в. [24, с. 156], 1076–1299 гг. [12, с. 61], шаровидные бубенчики линейно-прорезные с одинарным рельефным валиком — второй половиной XIII в. до конца XIV в. [24, с. 156], 1231 — сер. 1260-х годов, в целом после 1224 г. [12, с. 61]; гладкие шаровидные бубенчики с линейной прорезью — с XI до XIV в. [24, с. 156], крестопорезные подвески — XII–XIII вв. [24, с. 42]. Серебряные украшения со сканью и зернью на памятниках вымской культуры относятся к XII–XIII вв. [19, рис. 37]. Бронзовые трубчатые Ф-овидные пронизки относятся к широко распространенным украшениям финно-угров и датируются XII–XIV вв. [19, рис. 37]. Бронзовая полая зооморфная подвеска («баранчик»), по Е. А. Рябинину, датируется второй половиной XI–XII вв. [17, рис. 3]. Стекланные бусы — зонные, кольцевидные, бесцветные, шаровидные, с накладными нитями — также бытовали в XII–XIII вв. [7, рис. 237, 8]. Бронзовые бочковидные бусы относятся к этому же хронологическому горизонту [10, рис. 15]. Наиболее вероятная дата погребений раскопа № 7 — XIII в.

Методы исследования

Исследование предметов бронзолитейного производства проводилось в Центре коллективного пользования «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Минеральный состав сплавов изучался с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega3 LMN, оборудованного EDS-системой микроанализа INCAX-MAX 50 mm фирмы Oxford Instruments (напряжение — 20 кВ, сила тока — 15 нА, вакуум — 0.05 Па, диаметр пучка 2 мкм). Эталоны, погрешность (мас. %): Fe (Fe); 0.37, Bi (Bi); 1.04, Cu (Cu); 0.36, Si, O (SiO₂); 0.14, Pb (PbTe); 0.27, As (InAs); 0.41, Sb (Sb); 0.25, Ni (Ni); 0.24; Ag (Ag); 0.69 (аналитик Е. Тропников).

Для проведения микронзондовых исследований поверхности предметов были зачищены до свежего сплава площадью не более 2 мм² или отобраны микропробы.

Химический состав сплавов

Аналізу подверглась часть артефактов, среди которых представлены как слитки металла, аморфные изделия, так и отдельные целые украшения. Состав сплавов цветных металлов в обломках, пластинках, условно названных металлургическим ломом, различный. В соответствии с общепринятой классификацией сплавов можно выделить несколько групп [11, с. 10] (табл. 2).

1. Металлургически чистая медь. К этой группе отнесены отдельные медные пластины с содержанием Cu до 99 %, с примесями других элементов, обнаруженных до одного процента. Такой тип сплава установлен в трех образцах, что составляет 18 % от общего объема металлургического лома.

Отдельные пластинки — № 2817 из кв. 4-И у пог. 134 и № 28275-И у пог. 136 — по составу преимущественно медные с содержанием Cu 98–100 %. Состав

Таблица 2. Химический состав сплавов пластинок и обломков, мас. %
Table 2. Chemical composition of the alloys of plates and fragments, wt. %

Характеристика образца Sample characteristics	Номер образца (кол-во измерений) Sample No. (number of measurements)	Погребение Burial	S	Fe	Cu	Ag	Sn	Sb	Pb	Тип сплава Alloy type
капельные слитки бронзы / teardrop bronze ingot	2614/1 (n = 2)	130	1.89	-	77.91	-	16.86	0.43	0.87	оловянистые бронзы с обособлениями свинца tin bronzes with lead segregations
капельные слитки бронзы / teardrop bronze ingot	2614/2 (n = 3)	130	43.5	-	6.91	-	0.79	-	48.8	
капельные слитки бронзы / teardrop bronze ingot	2614/3 (n = 3)	130	-	-	93.05	-	6.95	-	-	
оплавленное металлическое изделие / melted metal product	2615/1 (n = 3)	130	-	-	91.2	-	8.04	-	0.16	
оплавленное металлическое изделие / melted metal product	2615/2 (n = 3)	130	-	-	65.23	-	6.51	-	28.26	
обломок оплавленного украшения / melted ornament fragment	2824/1 (n = 2)	136	-	1.54	20.87	-	4.51	-	73.08	
обломок оплавленного украшения / melted ornament fragment	2824/2 (n = 2)	136	-	-	85.24	-	-	-	14.76	
обломок оплавленного украшения / melted ornament fragment	2824/3 (n = 2)	136	-	0.5	7.76	-	3.13	-	88.6	
оплавленное изделие / melted product	2601/1 (n = 4)	135	-	-	96.79	-	2.39	-	-	
оплавленное изделие / melted product	2601/2 (n = 4)	135	-	-	40.17	-	4.47	-	51.6	
оплавленное изделие / melted product	136/1 (n = 2)	136	-	-	93.75	-	6.25	-	-	
оплавленное изделие / melted product	136/2 (n = 2)	136	-	-	80.86	-	19.14	-	-	
оплавленное изделие / melted product	2684 (n = 4)	133 кв 2-а	-	-	60.47	-	39.53	-	-	
слиток металла каплевидной формы / teardrop metal ingot	2602 (n = 2)	135	-	-	92.08	-	7.54	0.38	-	
обломок украшения / fragment of decoration	2515 (n = 3)	131	-	0.2	91.5	-	7.85	0.24	0.21	
обломок височного кольца / fragment of temple ring	2559 (n = 3)	134	-	-	96.57	-	3.43	-	-	
оплавленное изделие / melted fragment	2695 (n = 4)	127	-	-	82.99	-	15.6	-	0.79	
обломок котла / cauldron fragment	2817 (n = 2)	134	-	-	99.76	-	-	-	-	
обломок котла / cauldron fragment	2833/1 (n = 2)	130	-	-	99.51	-	-	-	-	
обломок котла / cauldron fragment	2833/2 (n = 2)	130	-	-	100	-	-	-	-	
обломок котла / cauldron fragment	2827 (n = 2)	136	-	-	100	-	-	-	-	
обломок браслета? / broken bracelet?	2560/1 (n = 3)	134	-	-	8.35	89.65	-	-	1.99	
обломок браслета? / broken bracelet?	2560/2 (n = 3)	134	-	-	98.19	1.81	-	-	-	
слиток металла / metal ingot	2570 (n = 3)	134	-	1.62	-	-	98.38	-	-	
слиток металла / metal ingot	2569 (n = 2)	134	-	-	-	-	100	-	-	
оплавленное изделие / melted product	2737 (n = 2)	133 кв 2-д	-	-	-	-	100	-	-	

Примечание. Результаты приведены к 100 % без учета окислов. В пробе 2601 — 3.76 % Bi, в пробе 2833/1 — 0.49 % As.
Note. The results are adjusted to 100 % excluding oxides. In sample 2601 — 3.76 % Bi, in sample 2833/1 — 0.49 % As.

пластинки № 2833 из кв. 6-И у пог. 130 неоднороден. Более 90 % сплава состоит из чистой меди с содержанием Cu до 100 %, а также обнаружены участки с примесью мышьяка до 0.5 %.

2. Металлургически чистое олово. К этой группе отнесены обломки с содержанием олова от 90 до 100 %. Данный сплав установлен в трех изделиях (18 % от объема отходов). В пог. 134 обнаружены обломки пластинок № 2569, 2570, состав сплава которых однороден и представлен оловом, с содержанием от 90.4 до 100 %. В некоторых результатах анализа установлены также примеси железа (до 1.30 %), алюминия (3.87 %), кремния (3.26 %) и фосфора (1.19 %), которые могут быть связаны либо с процессами плавки, либо с участками загрязнения поверхности. В кв. 2-Д пог. 134 (№ 2737) были обнаружены кусочки овальной бутылковидной формы размером до 1 см, состоящие из чистого олова.

3. Серебряно-медный сплав установлен лишь в одном образце из пог. 134. Обломок пластинчатого украшения, предположительно браслета (№ 2560), изготовлен из неоднородного по составу сплава. Более 50 % исследованного фрагмента представляет собой сплав с содержанием серебра до 90 % с примесями меди 8 % и свинца до 2 % (рис. 4, а). Более темные участки на SEM-снимках соответствуют составу меди (98 % Cu) с примесями Ag до 2 %.

4. Оловянистая бронза. К этой группе отнесены медьсодержащие сплавы, однородные по составу, в которых концентрация олова достигает от долей до нескольких десятков процентов и преобладает над содержанием других микропримесей. Такой тип сплава обнаружен в пяти изделиях, что составляет 29.5 % от общего объема исследуемых образцов отходов металлообработки.

В погребении 134 обнаружены обломки кругло-проволочного височного кольца (№ 2559), которые состоят практически из чистой меди (до 96 %) с небольшими примесями олова (до 4 %). В этом же погребении найден фрагмент рамчатой пряжки (№ 2515), средний состав которого соответствует оловянистой бронзе (мас. %) ($n = 3$): Cu — 91.50; Sn — 7.85; Sb — 0.24; Pb — 0.21; Fe — 0.20. Близкий по составу обломок бронзового сплава (№ 2602) установлен в пог. 135, в кв. 2-А у пог. 133 — бесформенное изделие (№ 2684), представляющее собой заготовку для изготовления украшения. Состав однороден — олово-медный сплав. В квадрате 3-А у пог. 127 обнаружен обломок оплавленного украшения, возможно бубенчика (№ 2695), в составе которого установлена медь (до 83 %) и олово (16 %) с примесью свинца до 1 %.

3. Оловянистые бронзы с обособлениями свинецсодержащего сплава. Особенности такого сплава является неоднородность структуры сплава. Основная масса сплава состоит из оловянистой бронзы, в которой содержание Cu варьирует от 77 до 97 мас. % и Sn — 7—17 мас. %. Содержание свинца в обособлениях достигает 88 %. Такой тип сплава обнаружен в пяти изделиях, что составляет 29.5 % от общего объема исследуемых образцов отходов металлообработки.

Каплевидный слиток (№ 2614) из пог. 130 представлен неоднородным сплавом. Состав сплава состоит из меди (78 %), олова (17 %), свинца (до 0.9 %) и сурьмы (0.43 %) (рис. 4, б). Встречаются отдельные

участки, в которых содержание меди увеличивается до 93 %, а из примесей присутствует только олово, содержание которого достигает 7 %. В общей массе сплава встречаются обособления (до 5 % от общего объема) размером от первых микронов до 50 мкм сульфида свинца состава (мас. %) ($n = 3$): Pb — 48.80; S — 43.50; Cu — 6.91; Sn — 0.79. Неоднородность сплава установлена в слитке (№ 2613) из пог. 130. Основная масса сплава состоит из меди (91.2 %), олова (8.4 %), свинца (0.16 %). В более светлых участках (рис. 4, с), которые имеют нитевидную форму и занимают около 10 % от общего объема, увеличивается содержание свинца до 26.4 %.

В погостах 135 (№ 2601) и 136 (№ 2613) были обнаружены остатки плавильного производства неправильной формы (возможно, фрагменты льячки). Состав сплава из пог. 136 неоднороден по составу. Участки более светлоокрашенные, составляют около 20 % от общей массы, представлены сплавом из меди (80 %) и олова (20 %), а в более темноокрашенной основной массе содержание меди увеличивается до 94 % и снижается концентрация олова до 6 % (рис. 4, d). Также обнаружены единичные угловатые включения самородного свинца размером менее 1 мкм. Хотя основной состав сплава из пог. 135 схож со сплавом из пог. 136, однако в данном образце концентрация меди достигает 97 % с примесью олова до 3 %. Обособления имеют вытянутую форму, и их размер достигает 3 мкм. Состав включений (мас. %) ($n = 4$): Pb — 51.60; Cu — 40.17; Sn — 4.47; Bi — 3.76. Присутствие данных элементов, возможно, связано с изначальной выплавкой полиметаллических свинцово-висмутовых руд. Отходы плавильного производства обнаружены в кв. 5-И пог. 136, они представляют собой предположительно фрагмент арочной косорешетчатой подвески (№ 2824). Состав сплава неоднороден. Основная масса представлена оловянно-медистым соединением с содержанием меди 85 % и олова 15 %. Включения размером до 10 мкм представлены сплавом свинца (89 %), меди (8 %), олова (3 %) и железа (до 1 %). Продукты окисления сплава имеют состав (мас. %): Sn — 50.47; O — 23.59; Cu — 21.60; Pb — 2.27; Si — 2.07.

Проведены микронзондовые исследования сплавов изделий. Состав сплавов цветных металлов различен, поэтому, как и у вышеописанных образцов, было выделено несколько групп (табл. 3).

1. Металлургически чистая медь. К этой группе отнесены отдельные медные пластины с содержанием Cu до 99 %, с примесями других элементов, обнаруженных до одного процента.

В кв. 4—3 пог. 134 и в пог. 136 в кв. 5—3 были обнаружены обломки котла (№ 2807, 2815). Образцы состоят из меди (Cu до 99 %) с примесью мышьяка до 1 %. В кв. 5-И бронзовый шарик (№ 2825) состоит из самородной меди. Крестовидная накладка из пог. 136 (№ 2610) изготовлена практически из чистой меди (99 % Cu) с примесью сурьмы до 1 %.

2. Свинцовые бронзы. К этой группе отнесены оловянно-медные сплавы с содержанием свинца от долей до первых процентов, концентрация свинца преобладает над содержанием других элементов-примесей. В пог. 136 обнаружен фрагмент якорьковой подвески (№ 2635). Для исследования было отобрано звено и сделан поперечный срез. Строение сплава анало-

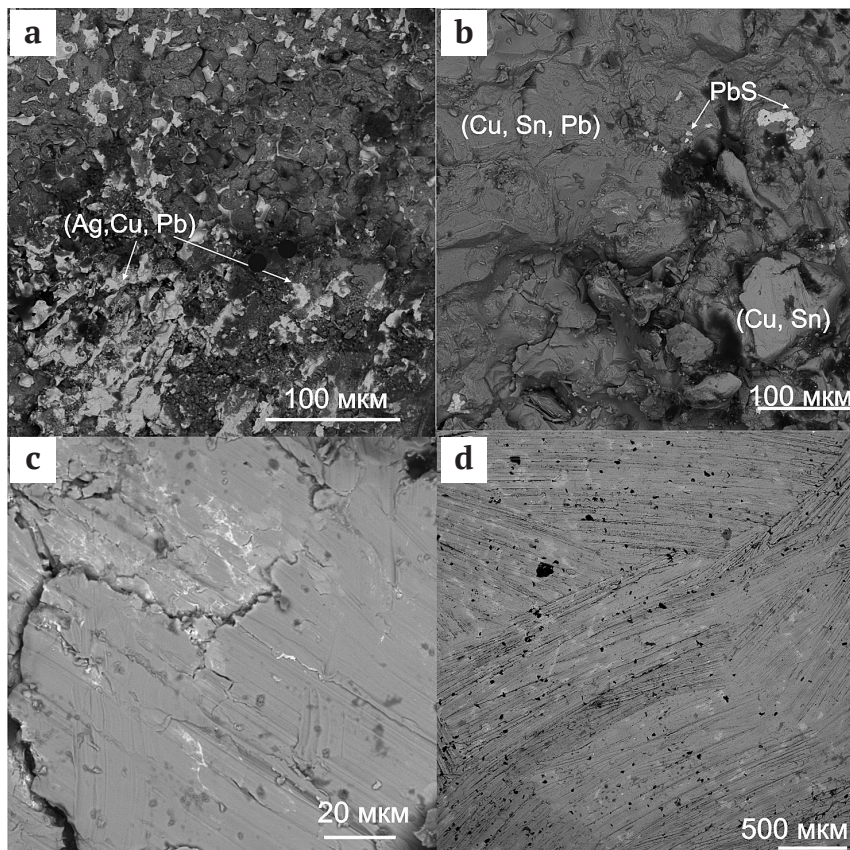


Рис. 4. Химический состав сплавов в металлургическом ломе (SEM-снимки):

a — обломок пластинчатого украшения (№ 2560), b — каплевидный слиток (№ 2614), c — слиток (№ 2613), d — остатки плавильного производства пог. 136 (№ 2642?)

Fig. 4. Chemical composition of alloys in metallurgical scrap (SEM images).

a — a fragment of a lamellar decoration (No. 2560), b — a teardrop-shaped ingot (No. 2614), c — an ingot (No. 2613), d — remains of smelting production of burial 136 (No. 2642?)

гичное образцу № 2494 из пог. 130. Центральная часть плохо сохранилась, по отдельным участкам затруднительно провести определение состава сплава. Далее и по периферии следует каемка, обогащенная свинцом, состав которой достаточно равномерен: 92 % Pb и до 8 % Cu. Между данными скоплениями основная масса сплава состоит из меди (до 99 %) с примесями свинца и железа до 1 % (рис. 5, a).

3. Цинковая бронза. Данная группа представлена оловянно-медными сплавами с содержанием цинка от долей до первых процентов, концентрация цинка преобладает над содержанием других элементов-примесей.

Спиралевидная пронизка из пог. 127 (№ 2697) неоднородна по составу. Обнаружены участки с содержанием меди (85 %), цинка (11 %), олова до 4 % и свинца до 1 %. В отдельных областях сплава идет концентрация цинка до 22 % и увеличение свинца до 2 %, снижение меди до 76 % и появление железа до 1 %. Колокольчиковидная пронизка из пог. 137 (№ 2653) также неоднородна по составу. Основная масса представляет собой олово-цинково-медный сплав с содержанием меди (до 81 %), цинка (до 14 %) и олова (до 4 %) с примесями свинца и железа (до 2 %). Округлые свинцовые включения размером до 5 мкм с содержанием свинца (88 %), меди (11 %) и цинка (до 2 %) занимают около 5 % от объема сплава. Височное кольцо,

обнаруженное у пог. 136 в кв. 5-И (№ 2819), имеет достаточно неравномерный состав сплава (мас. %): Cu — 74.17–91.23; Sn — 0.90–22.61; Pb — 0–1.33; Zn — 0–6.26; Ag — 0–0.28; Sb — 0–1.54. Выделены участки сплава, обогащенные либо цинком, либо оловом. Обнаружены свинецсодержащие выделения удлиненной формы с содержанием серы (до 10 %) и безсерные свинцовые включения округлой формы размером до 5 мкм. Содержание свинца в последних достигает 89 % с колебанием содержания меди 9.5–17.7 %, олова 1.5–6.6 % и цинка до 1 %.

4. Оловянистая бронза. Однородный по структуре медный сплав, в котором концентрации олова составляют от долей до нескольких процентов и преобладают над содержанием микропримесей.

Обломок височного кольца (пог. 127, № 2480) изготовлен из меди (Cu до 98 %) с примесями олова (до 1.79 %) и железа (0.21 %); бронзовый шарик (у пог. 136, № 2810) состоит из меди (75 %) и олова (25 %). Спиралевидная пронизка (№ 2809) плохой сохранности, сильно окисленная, без сохранения сплава. Приблизительно, без учета окислов, можно предположить, что сплав состоял из меди (около 50 %), олова (35 %), свинца (4 %), сурьмы (около 2 %), железа (менее 1 %). В погребении 130 обнаружен бронзовый шарик (пог. 130, № 2495), имеющий средний состав (мас. %) (n = 2): Cu — 93.68; Sn — 5.62; Sb — 0.57.

Таблица 3. Химический состав сплавов изделий, мас. %
Table 3. Chemical composition of the alloys of products, wt. %

Изделия / Products	Номер образца (кол-во измерений) / Sample No. (number of measurements)	Погребение Burial	Fe	Cu	Zn	As	Sn	Sb	Pb	Тип сплава / Alloy type
накладка / overlay	2610 (n = 2)	136	-	99.53	-	-	-	0.47	-	металлургическая медь metallurgical copper
шарик / ball	2825 (n = 2)	136	-	100	-	-	-	-	-	
котел / cauldron	2815 (n = 2)	136	-	100	-	-	-	-	-	свинцовые бронзы lead bronzes
котел / cauldron	2807 (n = 2)	134	-	99.68	-	0.32	-	-	-	
подвеска / pendant	2635/1 (n = 2)	136	0.17	99.07	-	-	-	-	0.76	
подвеска / pendant	2635/2 (n = 2)	136	-	8.24	-	-	-	-	91.76	
пронизка / bead	2697/1 (n = 2)	127	-	84.58	10.95	-	3.60	-	0.87	цинковая бронза zinc bronze
пронизка / bead	2697/2 (n = 2)	127	0.46	76.42	21.51	-	-	-	1.61	
пронизка / bead	2653/1 (n = 2)	137	0.23	80.71	13.82	-	4.01	-	1.22	
пронизка / bead	2653/2 (n = 2)	137	-	10.59	1.92	-	0	-	87.49	
височное кольцо / temple ring	2819/1 (n = 3)	136	-	91.23	6.26	-	0.9	-	1.33	
височное кольцо / temple ring	2819/2 (n = 2)	136	-	17.66	1.27	-	0	-	81.07	
височное кольцо / temple ring	2819/3 (n = 2)	136	-	90.45	-	-	9.55	-	-	
височное кольцо / temple ring	2819/4 (n = 2)	136	-	13.10	-	-	6.64	-	70.20	
височное кольцо / temple ring	2819/5 (n = 2)	136	-	74.17	-	0.64	22.61	1.54	-	
височное кольцо / temple ring	2819/6 (n = 2)	136	-	9.51	-	-	1.37	-	89.12	
височное кольцо / temple ring	2645/1 (n = 2)	137	-	93.71	-	0.52	5.29	0.48	-	оловянистые бронзы с обособлениями свинца tin bronzes with segregations of lead
височное кольцо / temple ring	2645/2 (n = 2)	137	-	8.69	-	-	3.46	-	76.93	
бубенчик / bell	2634/1 (n = 2)	136	-	95.08	-	-	3.19	-	1.73	
бубенчик / bell	2634/2 (n = 2)	136	-	5.60	-	-	-	-	94.4	
подвеска / pendant	2673/1 (n = 2)	139	-	71.40	-	-	28.18	0.42	-	
подвеска / pendant	2673/2 (n = 2)	139	-	10.47	-	-	1.87	-	87.66	
украшение / decoration	2494/1 (n = 2)	130	-	93.26	-	-	3.69	2.07	0.84	
украшение / decoration	2494/2 (n = 2)	130	-	12.59	-	-	0.54	-	76.04	
украшение / decoration	2494/3 (n = 2)	130	-	14.51	-	5.25	6.98	15.04	58.22	
пронизка / bead	2603 (n = 3)	135	0.33	79.9	-	0.58	13.84	0.49	4.08	
височное кольцо / temple ring	2480 (n = 2)	127	0.14	97.97	-	-	1.79	-	-	оловянистые бронзы tin bronzes
бубенчик / bell	2633 (n = 2)	136	-	66.57	-	0.54	32.89	-	-	
пронизка / bead	2698 (n = 2)	127	0.38	87.42	-	-	10.27	-	1.93	
пронизка / bead	2631 (n = 2)	136	-	67.89	-	-	32.11	-	-	
бубенчик / bell	2694 (n = 2)	127	-	88.81	-	-	11.19	-	-	
бусина / bead	2617 (n = 2)	136	-	90.55	-	-	8.44	-	1.00	
шарик / ball	2810 (n = 2)	136	-	74.11	-	-	25.89	-	-	
накладка / overlay	2646 (n = 2)	137	-	88.62	-	-	8.1	-	3.29	
пронизка / bead	2809 (n = 3)	136	1.62	39.15	-	-	32.47	1.07	3.16	
шарик / ball	2495 (n = 2)	130	-	89.3	-	-	9.99	0.50	-	

Примечание (мас. %): 2809 — O — 19.03; 2819/2 — S — 10.07; 2494/2 — S — 10.83; 2819/1 — Ag — 0.28; 2645/2 — S — 10.92; 2824/2 — O — 23.59. Результаты приведены к 100 %.
 Note (wt. %): 2809 — O — 19.03; 2819/2 — S — 10.07; 2494/2 — S — 10.83; 2819/1 — Ag — 0.28; 2645/2 — S — 10.92; 2824/2 — O — 23.59. The results are adjusted to 100 %.

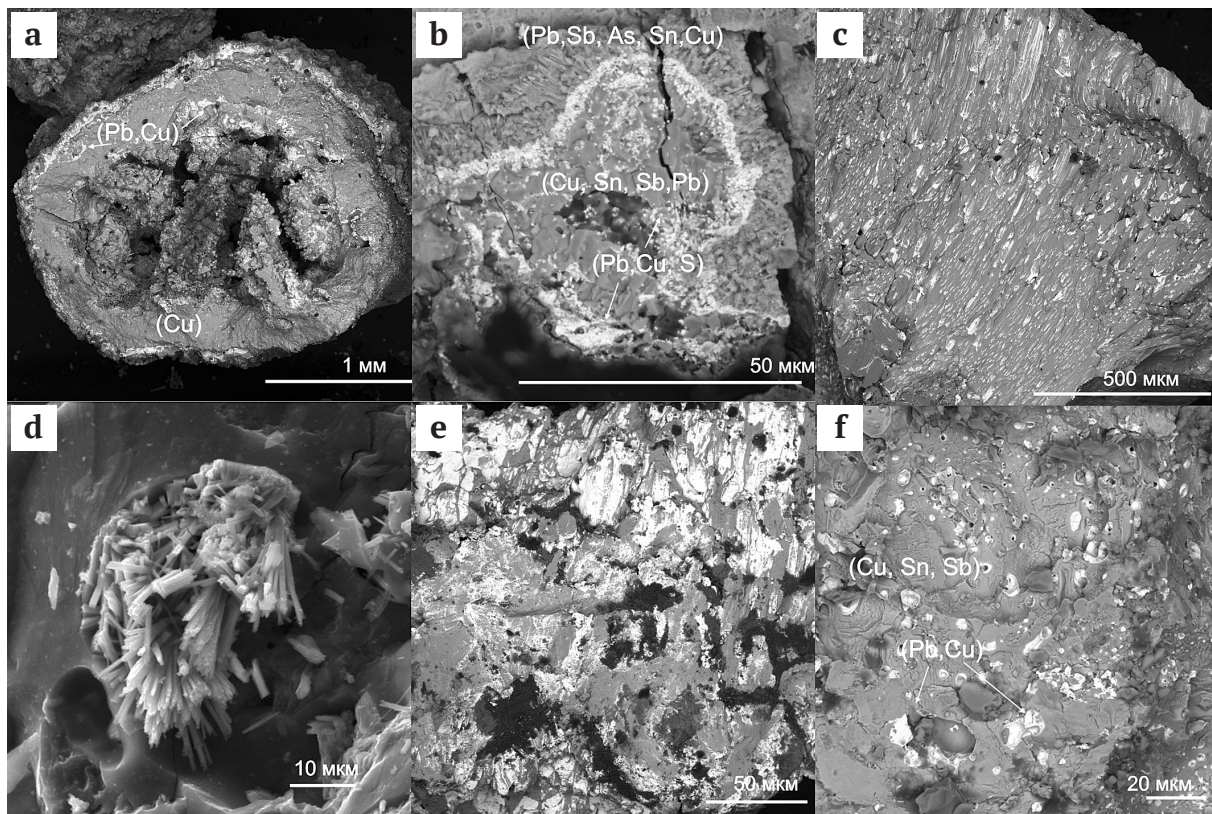


Рис. 5. Химический состав сплавов в изделиях и украшениях (SEM-снимки):

a — фрагмент якорьковой подвески (№ 2635), b — обломок бронзового украшения (№ 2494), c — накладка (№ 2646), d — кольцевидное украшение (№ 2612), e — бубенчики-привески (№ 2634), f — косорешетчатая подвеска (№ 2673)

Fig. 5. Chemical composition of alloys in products and adornments (SEM images):

a — a fragment of an anchor pendant (No. 2635), b — a fragment of a bronze ornament (No. 2494), c — an overlay (No. 2646), d — a ring-shaped ornament (No. 2612), f — pendant bells (No. 2634), f — oblique lattice suspension (No. 2673)

Пронизка из пог. 135 (№ 2603) отличается содержанием примесей со средним составом (мас. %) ($n = 2$): Cu — 79.9; Sn — 13.84; Pb — 4.08; Sb — 0.49; As — 0.58; Fe — 0.33. Трубочатые пронизки у пог. 127 в кв. 3-A (№ 2698) изготовлены из оловянистой бронзы с содержанием (мас. %) ($n = 2$): Cu — 87.42; Sn — 10.27; Pb — 1.93; Fe — 0.38. Грушевидный бубенчик (№ 2694) состоит из меди (89 %) и олова (11 %). Ф-овидная пронизка (пог. 136, № 2631) изготовлена из оловянистой бронзы с содержанием Cu до 68 % и Sn 32 %. В погребении 136 обнаружены грушевидные бубенчики (№ 2633), изготовленные из оловянно-медистого сплава с содержанием Cu до 67 % и Sn — 33 % с примесями мышьяка до 0.55 %. При производстве бронзовых кольцевидных бус из этого же погребения (№ 2617) использовался олово-медный сплав с содержанием меди до 90 %, олова — 8 % и свинца около 2 %. Схожий по составу сплав использован в изготовлении накладки (№ 2646) из пог. 137. Основная матрица сплава состоит из меди (88 %), олова (8 %) и свинца (около 4 %) (рис. 5, c). Кольцевидное украшение, предположительно височное кольцо из пог. 136 (№ 2612), сильно корродировано и деформировано. На этапе зачистки и отбора пробы не был установлен сохранившийся сплав. Однако присутствуют участки, по составу близкие к куприту и включающие (мас. %): Cu — 61.05–73.01; O — 25.45–29.00; Si — 0.96–1.98; P — 0.22–7.56; K — 0.25–0.36; S — 0.21–0.29; Ca — 0–2.39; Fe — 0.15–

0.23. В пустотах данное соединение образует игольчатые кристаллы размером до 10 мкм (рис. 5, d). Обнаружены участки, в составе которых преобладает олово (мас. %): Sn — 35.07; O — 29.13; Cu — 11.33; Pb — 9.32; Si — 0.48; P — 9.96; K — 36; Ca — 2.39; Zn — 1.68. Можно предположить, что изделие было изготовлено из оловянистой бронзы.

5. Оловянистые бронзы с обособлениями свинецсодержащего сплава.

Круглопроволочное височное кольцо из пог. 137 (№ 2645) гетерогенное по составу. Основная масса сплава представлена оловянно-медным составом с содержанием Cu до 94 % и Sn — 5 % с примесями мышьяка и свинца (до 1 %). Включения угловатой формы, размером до 5 мкм в сплаве составляют менее 10 % и состоят из свинца (77 %), серы (10 %), меди (9 %), олова (4 %). Грушевидные бубенчики-привески из этого же погребения (№ 2634) отлиты из гетерогенного по строению и составу сплава. Листовидные вытянутые выделения размером до 50 мкм, занимающие около 50 % от объема, имеют свинцово-медный состав (Pb — до 94 %; Cu — 6 %). Основная матрица сплава состоит из меди (95 %), олова (3 %) и свинца (2 %) (рис. 5, e). Обломок косорешетчатой подвески из пог. 139 (№ 2673) изготовлен из сплава, неоднородного по составу (рис. 5, f). Общая масса представлена олово-медным сплавом с содержанием меди до 70 % и олова до 29 % с примесями сурьмы менее 1 %. В этой мас-



се присутствуют овальной формы обобления размером от долей микрона до 10 мкм, состав которых преимущественно свинцовый (Pb до 87 %) с примесью меди до 10 % и олова до 3 %.

Для характеристики процессов древней металлургии интересен обломок бронзового украшения из пог. 130 (№ 2494). Сплав гетерогенен по составу. Центральная часть изделия представлена соединением меди (96,3 %), олова (2.1 %), сурьмы (1.2 %) и свинца (0.4 %). В этой матрице обнаружены единичные включения размером менее 0.5 мкм состава (мас. %) ($n = 2$): Pb — 76.04, Cu — 12.59, S — 10.83, Sn — 0.54. Включения формируют скопления и располагаются по периферии, образуя каемку мощностью около 5 мкм. За свинецсодержащими каемками в составе сплава повышается содержание свинца (до 58 %), сурьмы (15 %), олова (7 %), снижается концентрация меди до 15 % и появляется мышьяк до 6 % (рис. 5, b).

Заключение

Материалы раскопок погребений раскопа № 7 Чжэтяньгского могильника свидетельствуют об их принадлежности женщинам-литейщицам, основной сферой деятельности которых являлось бронзолитейное производство, выделившееся в ремесло. Проведенные исследования сплавов обломков, пластинок и изделий Чжэтяньгского могильника не только подтверждают высказанные ранее предположения о развитии местного бронзолитейного производства, но и позволяют определить общий уровень развития и особенности металлообработки, состав изделий из цветного металла, выделить основные виды сплавов. В отходах металлургического производства преобладают (более 60 %) оловянистые бронзы, как однородные, так и с обоблениями, обогащенными свинцом. Данные образцы представлены фрагментами изделий и присутствуют в погребениях 127, 130, 131, 133—136. Металлургически чистая медь (18 %) наблюдается в отдельных пластинках из погребений 130, 134 и 136. Один обломок серебряно-медистого сплава обнаружен в пог. 134. В этом же погребении обнаружены два обломка оловянистого сплава, в пог. 133 — отходы оловянистой металлообработки.

В изделиях установлены сплавы, как сходные по составу с пластинками и отходами, так и существенно отличающиеся. Так, в изготовлении котлов и накладок из погребений 134 и 136 установлена «чистая» медь. Оловянистые бронзы использовались при изготовлении бубенчиков, височного кольца и других изделий из погребений 127, 130, 135 и 136, в которых присутствуют отходы металлообработки, сходные по составу. Однако в этих же погребениях обнаружены изделия из свинцово-медистого сплава и цинковой бронзы, которые не были установлены в пластинках и обломках. В частности, местные литейщики, скорее всего, работали преимущественно с оловянистыми бронзами, свинцом и медью. Цинковые бронзы и серебряные изделия единичны. Ведущим технологическим приемом местных мастеров являлась переплавка привозных изделий. Таким образом, можно предположить, что в погребениях могут присутствовать изделия как местного производства, так и привозные. Данный вопрос требует проведения дальней-

ших исследований и сравнительного металлографического анализа изделий, обнаруженных на других памятниках.

По сохранившимся отдельным образцам можно предположить технологический процесс древней металлургии. По данным состояния системы Cu—Sn—Pb [26, с. 154], температура плавления основной массы сплавов исследуемых образцов была ниже 700 °С. При содержании свинца в сплавах свыше 1 % жидкотекучесть уменьшается, происходит расслоение расплава и ликвация по плотности, однако обрабатываемость резанием и антифрикционные свойства улучшаются. Считается, что свинец практически не растворим в оловянистых бронзах в твердом состоянии [25, с. 15]. При кристаллизации сплава свинец выделяется как самостоятельная фаза, располагающаяся в виде включений. Не образуя химических соединений и твердых растворов, свинец с медью даёт легкоплавкую эвтектику (температура плавления 326 °С), состоящую практически из чистого свинца (99.8 % Pb) [25, с. 15]. Проведённые исследования показали существенное влияние параметров процесса кристаллизации на размер и форму свинцовых включений. Установлено, что с понижением скорости охлаждения в морфологии легкоплавкой фазы происходят изменения в сторону сглаживания границ и сфероидизации. У образцов, охлаждённых с более высокой скоростью, эти включения имеют более вытянутую, пластинчатую форму [27, с. 348]. Данную картину мы видим во всех изделиях и обломках оловянистых бронз со свинцовыми включениями. То есть изделия, изготовленные из сплава, сходного по составу, имели разные технологические процессы (скорость охлаждения).

Наличие и характер инструментария, отходов производства в виде ломаных изделий (пластинки, обломки металлов, обрезки), химический состав сплавов бесспорно свидетельствуют о достаточно высоком уровне развития местной металлообработки и литейного производства.

Выражаем искреннюю благодарность за помощь в проведении анализов Е. В. Тропникову, Т. В. Истоминой — за предоставленную возможность использовать неопубликованные материалы.

Литература

1. Архипов Г. А. Марийцы XII—XIII веков. Йошкар-Ола: Марийское книжное изд-во, 1986. 159 с.
2. Башенькин А. Н. Исследования в бассейне Шексны // Археологические открытия. 1982. М., 1984. С. 6—7.
3. Башенькин А. Н. Исследования в юго-западном Белозерье // Археологические открытия. 1983. М., 1985. С. 5—7.
4. Бирюков А. В. Металлообрабатывающий инвентарь эпохи Средневековья на Европейском Северо-Востоке // Древние ремесленники Приуралья. Ижевск, 2001. С. 160—168.
5. Голубева Л. А. Женщины-литейщицы (к истории женского ремесленного литья у финно-угров). Советская археология. № 4. 1984. С. 75—87.
6. Голубева Л. А., Кочкуркина С. И. Белозерская весь. Петрозаводск, 1991. 197 с.
7. Захаров С. Д., Макаров Н. А. Мининский археологический комплекс: хронология и динамика развития //



Археология севернорусской деревни X—XIII веков. Том 2. М.: Наука, 2008. 365 с.

8. Иванов А. Г. Погребения «ремесленников» по материалам средневековых могильников Чепецкого края // Древние ремесленники Приуралья. Ижевск, 2001. С. 169—183.

9. Истомина Т. В. Комплекс погребения 37 Чезтыягского могильника // Проблемы финно-угорской археологии Урала и Поволжья: Сб. науч. тр. Сыктывкар, 1992. С. 127—136.

10. Кочкуркина С. И. Древняя Корела. Л.: Наука, 1982. 218 с.

11. Кузьминых С. В. Металлургия Волго-Камья в раннем железном веке (медь и бронза). М.: Наука, 1983. 258 с.

12. Лесман Ю. М. Хронология ювелирных изделий Новгорода X—XIV вв. // Материалы по археологии Новгорода. М., 1990. С. 29—98.

13. Никитина Т. Б., Ефремова Д. Ю. Захоронения с орудиями литья («литейщиц») в марийских могильниках IX—XI вв. // Труды III (XIX) Всероссийского археологического съезда. Великий Новгород—Старая Русса—СПб.—М., 2011. С. 77—79.

14. Никитина Т. Б., Ефремова Д. Ю. Погребальный обряд комплексов с литейными принадлежностями из средневековых могильников IX—XIII вв. Велужско-Вятского междуречья // Поволжская археология. 2012. № 2. С. 146—165.

15. Никитина Т. Б., Ефремова Д. Ю. Женщины-«литейщицы» из марийских захоронений IX—XI вв. как носители этнических традиций // Труды КАЭЭ. Пермь, 2012а. Вып. 8. С. 336—344.

16. Рыбаков Б. А. Ремесло Древней Руси. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 791 с.

17. Рябинин Е. А. Зооморфные украшения Древней Руси X—XIV вв. // Археология СССР / САИ. Е1-60. Л., 1981. 123 с.

18. Савельева Э. А. Пермь Вычегодская. М.: Наука, 1971. 222 с.

19. Савельева Э. А. Вымские могильники XI—XIV вв. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1987. 200 с.

20. Савельева Э. А. Петкойский могильник // Памятники эпохи камня и металла Северного Приуралья // Материалы по археологии Европейского Северо-Востока. Вып. 11. Сыктывкар, 1988. С. 101—121.

21. Савельева Э. А. Жигановский могильник. Сыктывкар, 2010. 453 с.

22. Савельева Э. А. Кичилькосьский I могильник XI—XIII вв. Сыктывкар, 2019. 229 с.

23. Савельева Э. А. Погребения в срубках Чезтыягского могильника // Известия Коми научного центра УрО РАН. № 4 (50). 2021. С. 13—24.

24. Седова М. В. Ювелирные изделия Древнего Новгорода. М.: Наука, 1981. 194 с.

25. Семенов И. В., Мартюшев Н. В. Структура и свойства бронзовых отливок при различных скоростях охлаждения // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 12—17.

26. Сучков Д. И. Медь и ее сплавы. М.: Metallurgia, 1967. 248 с.

27. Ozsarac U. The wear behaviour investigation of sliding bearings with a designed testing machine / U. Ozsarac, F. Findik, M. Durman // Materials and Design. 2007. No 28. P. 345—350.

References

1. Arkhipov, G. A. *Mariitsy XII—XIII vekov* (Mari people of the XII—XIII centuries). Yoshkar-Ola: Mari Book Publishing house, 1986, 159 p.

2. Bashenkin, A. N. *Issledovaniya v basseine Sheksny* (Research in the Sheksna basin). AO, 1982, Moscow, 1984, pp. 6—7.

3. Bashenkin, A. N. *Issledovaniya v yugo-zapadnom Belozerye* (Research in the south-western Belozerye). AO, 1983, Moscow, 1985, pp. 5—7.

4. Biryukov, A. V. *Metalloobrabatvayuschii inventar epohi srednevekovaya na Evropeiskom Severo-Vostoke* (Metalworking tools of the Middle Ages in the European Northeast). Ancient craftsmen of the Urals. Izhevsk, 2001, pp. 160—168.

5. Golubeva, L. A. *Zhenschiny-liteischitsy (k istorii zhenskogo remeslennogo litya u finno-ugrov* (Women-casters (on the history of female craft casting among the Finno-Ugrians)). Soviet archaeology, No. 4, 1984, pp. 75—87.

6. Golubeva, L. A. *Belozerskaya ves'* (Entire Belozerye). Petrozavodsk, 1991, 197 p.

7. Zakharov, S. D. *Mininskii arkhologicheskii kompleks: hronologiya i dinamika razvitiya* (Mininsk archaeological complex: chronology and dynamics of development) Archeology of the northern Russian village of the 10th-13th centuries, V. 2, Moscow: Nauka, 2008, 365 p.

8. Ivanov, A. G. *Pogrebeniya «remeslennikov» po materialam srednevekovykh mogilnikov Chepetskogo kraya* (Burials of «artisans» based on the materials of medieval burial grounds of the Chepetsk region). Ancient craftsmen of the Urals. Izhevsk, 2001, pp. 169—183.

9. Istomina, T. V. *Kompleks pogrebeniya 37 Chezhtyagского могильника* (Burial complex 37 of the Chezhtyag burial ground). Problems of Finno-Ugric archeology of the Urals and the Volga region: Collection of sci. papers. Syktyvkar, 1992, pp. 127—136.

10. Kochkurkina, S. I. *Drevnyaya Korela* (Ancient Korela). Leningrad: Nauka, Leningrad State Univ. Publ., 1982, 218 p.

11. Kuzminykh, S. V. *Metallurgiya Volgo-Kamya v rannem zheleznom veke (med' i bronza)* (Metallurgy of the Volga-Kama region in the early Iron Age (copper and bronze)). Moscow: Nauka, 1983, 258 p.

12. Lesman, Yu. M. *Hronologiya yuvelirnih izdelii Novgoroda X—XIV vv* (Chronology of adornments of Novgorod of X—XIV centuries). Materials on the archeology of Novgorod. Moscow, 1990, pp. 29—98.

13. Nikitina, T. B. *Pogrebnii obryad kompleksov s liteinimi prinaldzhnostyami iz srednevekovykh mogilnikov IX—XIII vv. Veluzhsko-Vyatskogo mezhdurechya* (Funeral rite of complexes with casting accessories from medieval burial grounds of the IX—XIII centuries of the Veluga-Vyatka interfluvium). Volga Archeology, No. 2, 2012, pp. 146—165.

14. Nikitina, T. B. *Zahoroneniya s orudiyami litya («liteischitsy») v mariiskoh mogilnikah IX—XO vv* (Burials with casting tools («women-casters») in the Mari burial grounds of the IX—XI centuries). Proc. of the III (XIX) All-Russian Archaeological Congress. Velikiy Novgorod—Staraya Russa—St. Petersburg—Moscow—V. Novgorod, 2011, pp. 77—79.

15. Nikitina, T. B. *Zhenschiny «liteischitsy» iz mariiskoh zahoroneniya IX—XI vv. kak nositeli etnicheskikh traditsii* (Women «casters» from the Mari graves of the IX—XI centuries as bearers of ethnic traditions). Proc. of the KAEE; Issue 8. Perm, 2012a, pp. 336—344.

16. Rybakov, B. A. *Remeslo Drevnei Rusi* (Craft of Ancient Russia). Moscow: USSR Ac. Sci. Publ., 1948, 791 p.



17. Ryabinin, E. A. *Zoomorfnie ukrasheniya drevnei Rusi X–XIV vv* (Zoomorphic ornaments of ancient Russia of the X–XIV centuries). Archeology of the USSR. Leningrad, 1981, 123 p.
18. Savelyeva, E. A. *Perm vychegodskaya* (Vychegda Perm). Moscow: Nauka, 1971, 222 p.
19. Savelyeva, E. A. *Vymskie mogilniki XI–XIV vv* (Vym burial grounds of the XI–XIV centuries). Leningrad: Leningrad Univ. Publ., 1987, 200 p.
20. Savelyeva, E. A. *Petkoiskii mogilnik* (Petkoy burial ground). Sites of the era of stone and metal of the Northern Urals. Materials on the archaeology of the European northeast (MAESV). Issue 11, Syktyvkar, 1988, pp. 101–121.
21. Savelyeva, E. A. *Zhiganovskii mogilnik* (Zhiganov burial ground). Syktyvkar, 2010, 453 p.
22. Savelyeva, E. A. *Kichilkoskii I mogilnik XI–XIII vv* (Kichilkos I burial ground of the XI–XIII centuries). Syktyvkar, 2019, 229 p.
23. Savelyeva, E. A. *Pogrebenoya v srubah Chezhtyyagского mogilnika* (Burials in log cabins of the Chezhtyyag burial ground). Proc. of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, No. 4 (50), 2021, pp. 13–24.
24. Sedova, M. V. *Yuvelirnie izdeliya Drevnego Novgoroda* (Adornments of Ancient Novgorod). Moscow: Nauka, 1981, 194 p.
25. Semenov, I. V. *Struktura i svoystva bronzovykh otlivok pri razlichnykh skorostyakh ohlazhdeniya* (Structure and properties of bronze castings at different cooling rates). Modern problems of science and education, 2012, No. 6, pp. 12–17.
26. Suchkov, D. I. *Med i ee splavy* (Copper and its alloys). Moscow: Metallurgy, 1967, 248 p.
27. Ozsarac U. The wear behaviour investigation of sliding bearings with a designed testing machine. Materials and Design, 2007, No. 28, pp. 345–350.

Поступила в редакцию / Received 28.03. 2022



Биогеосорбент «Геолекс»: внедрение технологий в практику

Т. Н. Щемелинина¹, Е. М. Анчугова¹, О. Б. Котова²

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; tatyanakomi@mail.ru
Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; kotova@geo.komisc.ru

Нефтегазовая промышленность играет ключевую роль в экономике России, однако по опасности воздействия на окружающую среду она занимает одно из первых мест среди отраслей современного производства. Необходимость скорейшего возвращения территорий в хозяйственный оборот требует оперативного устранения последствий нефтяного загрязнения почвенного покрова. Это достигается комплексом работ, включающим в том числе и биотехнологические продукты и технологии их использования. Объектами исследования были загрязненные почвы опытно-промышленных участков РК, ЯНАО, ХМАО. Методы, ускоряющие процессы восстановления почв, включали использование биогеосорбента «Геолекс», состоящего из глауконитсодержащей породы и иммобилизованных микроорганизмов-нефтедеструкторов биопрепарата «Биотрин». Внедренные биотехнологии усиливали процессы дегидрирования и окисления нефти и нефтепродуктов на загрязненных участках. К концу эксперимента дегидрогеназная активность рекультивируемых почв снижалась, что свидетельствовало о восстановительном характере сукцессии. Эффективность очистки от поллютантов на опытно-промышленных участках составила 68–95 % за 60 суток.

Ключевые слова: загрязнение почвы, нефть, нефтепродукты, биогеосорбент, опытно-промышленные испытания, очистка почвы.

The Geolex Biogeosorbent: practical application of technologies

T. N. Shchemelinina¹, E. M. Anchugova¹, O. B. Kotova²

Institute of Biology, FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar, tatyanakomi@mail.ru
Institute of Geology, FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar, kotova@geo.komisc.ru

The oil and gas industry plays a key role in the Russian economy. However, its risks of environmental impact are among the highest in modern production industries. The need for the fastest recovery of territories requires a prompt elimination of consequences of soil pollution with oil. This might be achieved by an extensive complex of technologies, including biotechnological product application. This study examined contaminated soils from experimental industrial sites of the Komi Republic, Yamal-Nenets Autonomous District, Khanty-Mansiysk Autonomous District. Practices accelerating the processes of soil restoration included the application of the Geolex biogeosorbent composed of a glauconite-bearing rock and immobilized oil-degraders of the BIOTRIN biopreparation. The biotechnologies embodied enhanced the processes of dehydrogenation and oxidation of oil and petroleum products. By the end of the experiment, the dehydrogenase activity of the soils recultivated decreased, which indicated the progressive succession. The efficiency of pollutant removal at pilot sites was 68–95 % in 60 days.

Keywords: soil pollution, oil, petroleum products, biogeosorbent, pilot tests, soil cleanup.

Введение

Уязвимость северных и арктических экосистем перед антропогенной нагрузкой обуславливает необходимость разработки эффективных биотехнологических методов, направленных на ускорение их восстановления. Актуальными направлениями экологической биотехнологии являются биоремедиация нефтезагрязненных территорий и очистка водоемов от нефти, в том числе с помощью применения различных минеральных сорбентов и биосорбентов [1, 2, 10–12]. Проведенные нами ранее лабораторные исследования также подтвердили, что биосорбционный метод очистки позволяет не только собрать нефть и нефтепродукты с водной поверхности или почвы, но и с помощью иммобилизованных микроорганизмов провести их дальнейшую деструкцию [6, 13–15]. Для оценки работы биогеосорбента в натуральных условиях

были проведены опытно-промышленные испытания его биотехнологических свойств.

Целью данной работы была оценка технологий биоремедиации с применением биогеосорбента «Геолекс» в полевых экспериментах.

Объекты и методы исследования

Комплекс проведенных работ включал следующие биотехнологические продукты:

1. Биогеосорбент «Геолекс». Состав биогеосорбента «Геолекс»: клетки биопрепарата «Биотрин» — альго-бактериально-дрожжевого консорциума — бактерий *Pseudomonas yamanorum* VKM В-3033D, дрожжей *Rhodotorula glutinis* VKM Y-2998D, микроводорослей *Chlorella vulgaris* Beijer. f. *globosa* IPPAS C-2024, иммобилизованного на глауконитсодержащем песке

Для цитирования: Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М., Котова О. Б. Биогеосорбент «Геолекс»: внедрение технологий в практику // Вестник геонаук. 2022. 4(328). С. 51–56. DOI: 10.19110/geov.2022.4.3.

For citation: Shchemelinina T. N., Anchugova E. M., Kotova O. B. The Geolex Biogeosorbent: practical application of technologies. Vestnik of Geosciences, 2022, 4(328), pp. 51–56, doi: 10.19110/geov.2022.4.3.

Бондарского месторождения Тамбовской области (рис. 1, табл. 1, 2) [5].

2. Кородревшая смесь — хорошо разложенные органические остатки со следующими свойствами: рН(вод.) — 8.15; рН(сол.) — 7.56; массовая доля азота общего — 6300 мг/кг; значения массовой доли подвижных соединений фосфора (в пересчете на P₂O₅) — 7000 мг/кг, калия (в пересчете на K₂O) — 1030 мг/кг, Mg — 3500 мг/кг, Ca — 130 000 мг/кг.

3. Материалы, необходимые для проведения технологии биоремедиации (минеральные удобрения NPK, семена трав).

4. Загрязненные почвы, грунты.

Опытно-промышленные испытания (ОПИ) технологий с применением биогеосорбента «Геолекс» (табл. 3)

1. На территории Ямало-Ненецкого автономного округа в районе кранового узла на 76-м км трассы Новый Уренгой — Сургут был поставлен эксперимент на площадках размером (1 × 1 м). Почва (торф) была загрязнена нефтепродуктом — газолином (до 20 г/кг). В начале эксперимента с каждого участка была отобрана проба почвы (контроль). В почву экспериментальных участков были внесены минеральные удобрения (N₁₄P₁₄K₁₄) в количестве 12 г и биогеосорбент

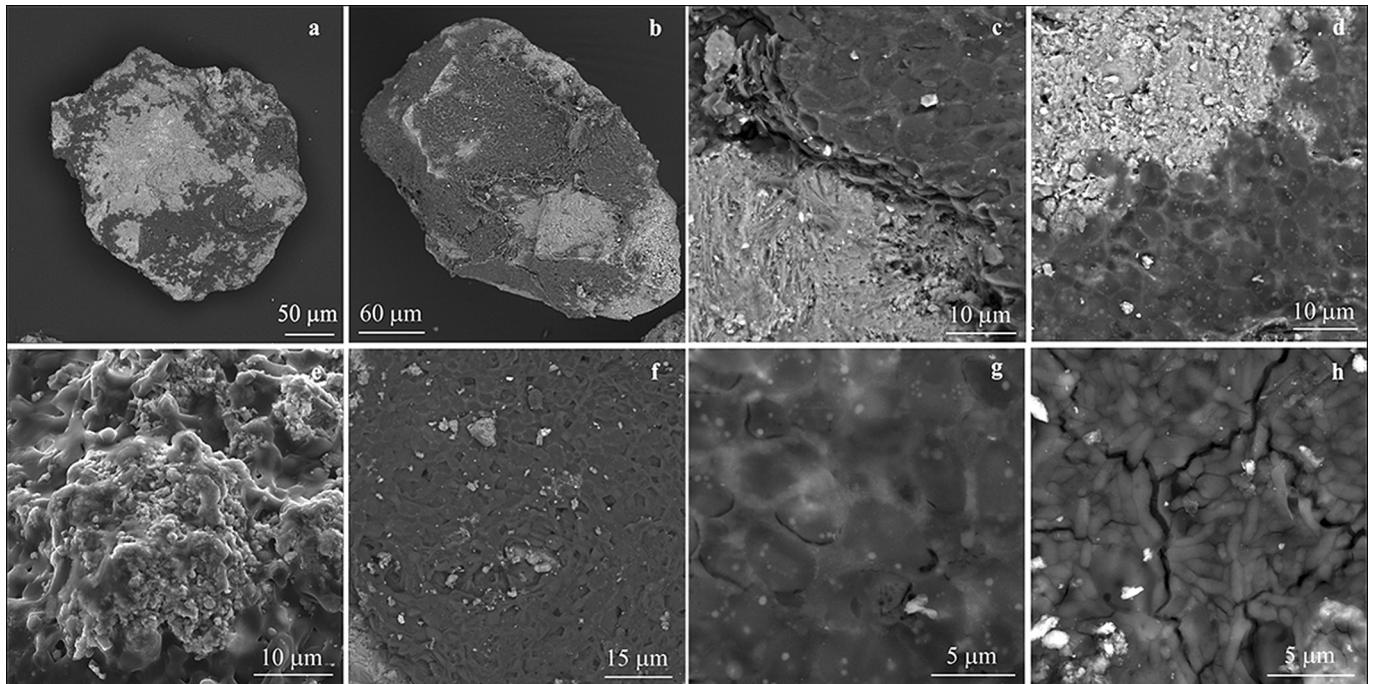


Рис. 1. СЭМ-изображения поверхности биогеосорбента (светлое — порода, темное — клетки консорциума), е — режим вторичных электронов, остальное — режим упругоотраженных электронов

Fig. 1. SEM images of the biogeosorbent surface (light — rock, dark — cells of the consortium), e — in secondary electron mode, the rest — in back scattered electron mode

Таблица 1. Химический состав глауконитсодержащего песка по данным рентгенофлуоресцентного анализа с учетом п. п. п., мас. %

Table 1. The chemical composition of the glauconite-bearing sand according to X-ray fluorescence analysis, considering ignition losses, wt. %

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ общ	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	п. п. п. LOI	Сумма Sum
73.98	0.33	9.19	5.96	0.01	1.10	1.76	3.56	0.43	0.31	3.37	100.00

Таблица 2. Удельная площадь поверхности и пористость минерального носителя с клетками биопрепарата «Биотрин»

Table 2. Specific surface area and porosity of the mineral carrier with Biotrin biopreparation cells immobilized

Условия Conditions	Удельная площадь поверхности, м ² /г Specific surface, area, m ² /g	Общий объем пор, см ³ /г Total pore volume, cm ³ /g	Объем мезопор, см ³ /г Mesopore volume, cm ³ /g	Объем микропор, см ³ /г Micropore volume, cm ³ /g
Без вакуумирования No vacuuming	2.02	0.0014	0.0006	0.001
С вакуумированием при 25 °С, 2 часа Vacuuming at 25 °C, 2 hours	1.97	0.0011	0.0006	0.001



Таблица 3. Условия и технологии опытно-промышленных испытаний биогеосорбента «Геолекс»
Table 3. Conditions and technologies for pilot testing of the GEOLEX biogeosorbent

ОПИ Option	Характеристика пробы (тип почвы) Sample characterization (soil type)	Поллютант Pollutant type	Технологические материалы Process materials
ОПИ-1	торф peat	газолин gasoline	биогеосорбент «Геолекс» минеральные удобрения семена трав-рекультивантов GEOLEX Biogeosorbent mineral fertilizers seeds of herbs to promote revegetation
ОПИ-2	торф peat	нефть oil	биогеосорбент «Геолекс» минеральные удобрения семена трав-рекультивантов GEOLEX Biogeosorbent mineral fertilizers seeds of herbs to promote revegetation
ОПИ-3	насыпной грунт из песчано-гравийной смеси sand-gravel bulk soil	керосин kerosene	биогеосорбент «Геолекс» минеральные удобрения GEOLEX Biogeosorbent mineral fertilizers
ОПИ-4	насыпной грунт — тяжелый суглинок loamy-textured bulk soil	нефть oil	биогеосорбент «Геолекс» минеральные удобрения кородревесная смесь семена трав-рекультивантов GEOLEX Biogeosorbent mineral fertilizers bark-wood mixture seeds of herbs to promote revegetation

«Геолекс» в количестве 20 г. Почву перекопали на штык лопаты. Эксперимент был поставлен в трех повторностях. Пробы почвы отбирали до внесения биогеосорбента и спустя 60 суток после начала эксперимента. Обозначение участка эксперимента: ОПИ-1.

2. На территории Ханты-Мансийского автономного округа в районе трассы Лангепас — Покачи на загрязненной нефтью (до 6.6 г/кг) почве (торф) было разбито 3 участка 1 × 1 м в трех повторностях. В начале эксперимента с каждого участка была отобрана проба почвы (контроль). В емкостях (0.5 дм³) были разведены азотно-фосфорно-калийные удобрения (N₁₄P₁₄K₁₄) по 12 г и внесены в почву. Биогеосорбент «Геолекс» был внесен в почву участков в количестве 20 г. Почву перекопали на штык лопаты. Пробы почвы отбирали до внесения биогеосорбента и спустя 60 суток после начала эксперимента. Обозначение участка эксперимента: ОПИ-2.

3. На территории Республики Коми, в г. Сыктывкаре, в районе насосной подстанции предприятия АО «Комиавиатранс» был поставлен эксперимент на площадках размером 1 × 1 м. Почва (насыпной грунт из песчано-гравийной смеси) была загрязнена нефтепродуктом — керосином (до 32 г/кг). В почву экспериментальных участков были внесены минеральные удобрения (N₁₄P₁₄K₁₄) в количестве 2 г (растворялись в 1 дм³ воды) и биогеосорбент «Геолекс» в количестве 35 г (активировали в 1 дм³ воды). Почву перекопали на штык лопаты. Пробы почвы отбирали до внесения биогеосорбента и спустя 60 суток после начала эксперимента. Обозначение участка эксперимента: ОПИ-3.

4. На территории Республики Коми, в п. Ярега, в районе демонтированного резервуарного парка был поставлен эксперимент на площади участка 100 м². Почва (насыпной грунт — тяжелый суглинок) была загрязнена нефтью (до 11 г/кг). В почву эксперименталь-

ного участка были внесены кородревесная смесь (покрытие поверхности загрязненного участка не более 5 см), минеральные удобрения (N₁₄P₁₄K₁₄) в количестве 10 кг, активированный биогеосорбент «Геолекс» в количестве 10 кг, семена трав-рекультивантов (мятлик, овес, канареечник, клевер) в количестве 10 кг. До посева трав почву взрыхлили мотокультиватором. Пробы почвы отбирали до внесения биогеосорбента и спустя 60 суток после начала эксперимента. Обозначение участка эксперимента: ОПИ-4.

Содержание нефтепродуктов (НП) определяли гравиметрическим методом, РД 52.18.647-2003 в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН следующими этапами: извлечение НП из пробы путем их экстракции хлороформом; очистка экстракта методом колоночной хроматографии; определение массовой доли взвешиванием после упаривания очищенного экстракта пробы. Оборудование: весы лабораторные аналитические 1 класса точности XP205 Госреестр 30047-06, Швейцария, Mettler Toledo.

Для биохимических анализов за основу были взяты методы почвенной энзимологии [4]. Дегидрогеназную активность рассчитывали по оптической плотности. Оборудование: фотоколориметр КФК-3.

Результаты и обсуждение

Оценка функциональных свойств биогеосорбента «Геолекс»

Активность ферментов как индикатор биологической активности объекта можно применять в разных случаях. Так, например, для анализа различных функциональных показателей иммобилизованных клеток на сорбентах, таких как жизнеспособность, метаболическая и синтетическая активность, предлага-

ются методы, которые условно можно разделить на микробиологические, морфоцитохимические и биохимические [8].

Выбранный нами метод определения ферментативной активности является достаточно чувствительным, отражающим функциональное состояние микроорганизмов. Наиболее точный и нетрудоемкий способ определения жизнеспособности иммобилизованных клеток на сорбенте — это метод определения дегидрогеназной активности биогеосорбента.

Клетки микроорганизмов биогеосорбента «Геолекс» активировали путем замачивания в воде на 60 минут (вариант 1, 2), в вариантах 3–5 проводили измерение дегидрогеназной активности без активации (табл. 4).

Дегидрогеназная активность глауконитсодержащего песка без иммобилизации микроорганизмов была нулевой. Дегидрогеназная активность активированного биогеосорбента превышала таковую в неактивированном в 2.1–2.9 раза (табл. 4). Из этого следовало, что в технологиях рекультивации необходимо рекомендовать применение биогеосорбента, предварительно замоченного в воде, для ускорения процессов деструкции нефти и нефтепродуктов.

Таблица 4. Дегидрогеназная активность биогеосорбента «Геолекс», мг формазана/1 г а. с. п.

Table 4. The dehydrogenase activity of the GEOLEX biogeosorbent, mg of formazan per 1 g of totally-dried soil

Варианты Options	Дегидрогеназная активность Dehydrogenase activity
1	9.75 ± 0.22
2	8.57 ± 0.38
3	3.33 ± 0.11
4	3.39 ± 0.11
5	3.74 ± 0.13
Глауконитсодержащий песок Glauconite-bearing sand	0

Оценка технологий применения биогеосорбента «Геолекс»

Благодаря высоким сорбционным свойствам почвы нефтяные углеводороды способны аккумулироваться и сохраняться в ней длительное время, значительно ухудшая свойства почвы и ее биологическую активность. Нефть и нефтепродукты каждого региона имеют свой характерный состав, и эффект воздействия на почву будет зависеть от климатической зоны. Исходя из этого, очевидно, что и для рекультивации нефтезагрязненных объектов в каждом конкретном случае должен применяться индивидуальный подход. Условия и технологии опытно-промышленных испытаний биогеосорбента «Геолекс» представлены в таблице 3. Технология биорекультивации торфяной почвы, загрязненной газOLIном (ОПИ-1) и нефтью (ОПИ-2), была аналогична. В насыпной грунт из песчано-гравийной смеси, загрязненный керосином, не вносили травосмесь (ОПИ-3), а разрыхляли тяжелый суглинок, загрязненный нефтью (ОПИ-4), путем внесения кородревесной смеси с последующим применением биогеосорбента «Геолекс».

Точно предсказать результаты рекультивационных мероприятий и гарантировать успех восстановления почв в полной мере в настоящее время не представляется возможным, так как процессы, определяющие динамику токсичности нефтезагрязненных почв, изучены недостаточно. И в то же время показатели биологической активности позволяют с минимальными затратами оценить влияние поллютантов на плодородие почв.

Ранее проведенные в полевых условиях исследования показали возможность использования дегидрогеназы как наиболее чувствительного фермента, реагирующего на появление в почве поллютанта [3, 7, 9]. Внедренные биотехнологии усиливали процессы дегидрирования в загрязненных нефтью и нефтепродуктами участках за счет привнесения в почву микроорганизмов биогеосорбента, питательных элементов глауконитсодержащей породы, стимулирующих аборигенную микробиоту, аэрации почвы с помощью трав-рекультивантов и структуратора — кородревесной смеси (рис. 2). К концу эксперимента дегидрогеназная активность рекультивируемых почв снижалась, что свидетельствовало о восстановительном характере сукцессии.

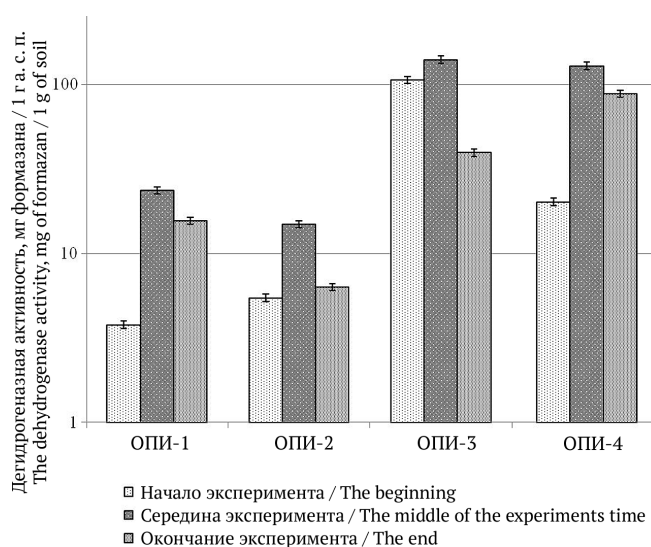


Рис. 2. Дегидрогеназная активность почвы до и после проведения опытно-промышленных испытаний технологий

Fig. 2. The soil dehydrogenase activity before and after pilot testing of technologies

Начальная концентрация нефти и нефтепродуктов в почве рекультивируемых участков была разной. Наиболее загрязненным участком была территория в районе насосной подстанции предприятия АО «Комиавиатранс» Республики Коми в г. Сыктывкаре (ОПИ-3) (рис. 3). К концу эксперимента содержание поллютанта в почвах участков ОПИ-2, ОПИ-4 снизилось до уровня допустимого остаточного содержания нефти в почве.

Эффективность примененных технологий очистки от нефти и нефтепродуктов была высокой в почве участков ОПИ-2 — ОПИ-4 (табл. 5) и невысокой в почве участка в районе кранового узла на 76-м км трас-

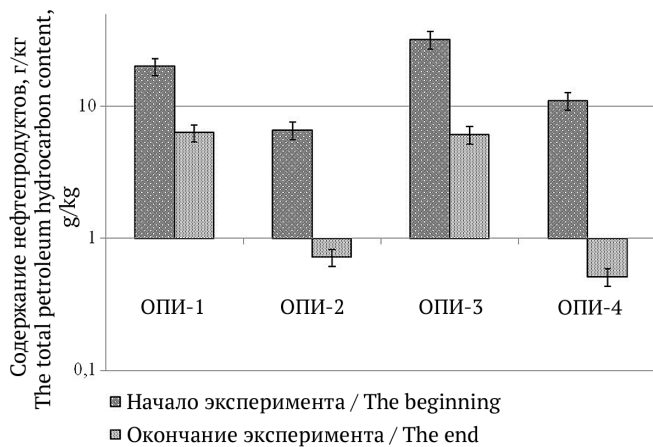


Рис. 3. Содержание нефтепродуктов в почве до и после проведения опытно-промышленных испытаний технологий

Fig. 3. The total petroleum content in the soil before and after pilot testing of technologies

сы Новый Уренгой — Сургут на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, что говорило о токсичности газа и, как следствие, о необходимости проведения на этом участке дополнительных биорекультивационных мероприятий: внесения кородревесной смеси, увеличения количества вносимого биогеосорбента.

Таблица 5. Эффективность очистки почвы от нефти и нефтепродуктов, %

Table 5. The efficiency of soil cleanup, %

ОПИ Option	Эффективность очистки, % Efficiency of cleanup, %
1	68
2	89
3	81
4	95

Заключение

В результате иммобилизации на глауконитсодержащем песке клетки микроорганизмов, а также их разнообразные ферменты стабилизируются и длительное время сохраняют свою активность. Глауконитсодержащая порода является носителем пролонгированного действия, обеспечивая клеткам биопрепарата повышение терморезистентности, стрессоустойчивости. Перед применением биогеосорбента «Геолекс» в технологиях рекультивации необходима активация иммобилизованных на нем микроорганизмов.

Технологии рекультивации, проведенные на загрязненных участках с применением биогеосорбента «Геолекс», усиливали процессы дегидрирования и окисления нефти и нефтепродуктов. Эффективность очистки от поллютантов на рекультивируемых опытно-промышленных участках составила 68—95 % за 60 суток.

Авторы выражают благодарность ЦКП «Геонаука» и экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН за проведение количественного химического анализа.

Работа выполнена при финансировании ООО «БИОЭКОБАЛАНС», Государственного задания № 122040600019-1 «Научно-обоснованные биотехнологии для улучшения экологической обстановки и здоровья человека на Севере» и в рамках темы НИР «Развитие минерально-сырьевого комплекса Тимано-Североуральско-Баренцевоморского региона на основе эффективного прогноза, геологического моделирования, геолого-экономической оценки ресурсного потенциала и новых технологий переработки полезных ископаемых».

Литература

1. Васильева Г. К., Зиннатшина Л. В., Ахметов Л. И., Сушкова С. Н. Биорекультивация загрязненных углеводородами нефти почв с использованием метода сорбционной биоремедиации // Отходы, причины их образования и перспективы использования: Сб. науч. тр. по материалам междунар. науч. эколог. конф. 2019. С. 345—348.
2. Дегтярева И. А., Мотина Т. Ю., Бабынин Э. В., Ежкова А. М., Давлетшина А. Я. Эколого-токсикологическая оценка процесса биоремедиации нефтезагрязненной почвы // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 196—202.
3. Мелехина Е. Н., Маркарова М. Ю., Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М., Канев В. В. Восстановительные сукцессии биоты в торфяной почве с нефтяным загрязнением при различных методах биологической рекультивации // Почвоведение. 2015. № 6. С. 740—750.
4. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
5. Щемелинина Т. Н., Котова О. Б., Хария М., Анчугова Е. М., Пеловский И., Кретеску И. Новые тренды в механизмах повышения производительности материалов на минеральной основе // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2017. № 6. С. 40—42.
6. Щемелинина Т. Н., Котова О. Б., Анчугова Е. М., Шушков Д. А., Игнатьев Г. В. Цеолитовое и глинистое сырье: экспериментальное моделирование биогеосорбентов // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2018. № 9. С. 50—57.
7. Щемелинина Т. Н., Новоселова Е. И., Киреева Н. А., Маркарова М. Ю. Диагностирование степени загрязненности почв нефтью по показателям ферментативной активности // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № 75. С. 432—434.
8. Юрин В. М., Дитченко Т. И. Иммобилизованные клетки и ферменты: Учебно-методический комплекс. Минск: Белорусский государственный университет, 2014. 138 с.
9. Anchugova E. M., Melekhina E. N., Markarova M. Yu., Shchemelinina T. N. Approaches to the assessment of the efficiency of remediation of oil-polluted soils // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. No. 2. P. 234—237.
10. Gasimova A. S. Use of biological products based on natural zeolites and biohumus in cleansing contaminated soils Absheron peninsula // Sciences of Europe. Biological sciences. 9 (9). 2016. P. 3—6.
11. Ionela D., Fertu T., Gavrilescu M. Application of natural zeolites as sorbents in the clean-up of aqueous streams // Environmental Engineering and Management Journal. 2012. 11(4):867—878.
12. Kashefi, S., Lotfollahi, M. N., Shahrabadi, A. Investigation of asphaltene adsorption onto zeolite beta nanoparticles to reduce asphaltene deposition in a silica sand pack // Oil & Gas

Science and Technology — Rev. IFP Energies nouvelles. 2018. 73(2). DOI:10.2516/ogst/2017038

13. Shchemelinina T. N., Gömze L. A., Kotova O. B., Ibrahim J. E. F. M., Shushkov D. A., Harja M., Ignatiev G. V., Anchugova E. M. Clay- and zeolite-based biogeosorbents: modelling and properties // *Építőanyag — Journal of Silicate Based and Composite Materials*. 2019. Vol. 71. No. 4. P. 131–137. DOI:10.14382/epitoanyag-jsbcm.2019.23

14. Shchemelinina T. N., Anchugova E. M., Kotova O. B., Shushkov D. A. 2021. The analcime-bearing rock immobilized microalgae: Stress resistance, psychrotolerance, phenol removal // *Bioresource Technology*. 332, 124560. DOI:10.1016/j.biortech.2020.124560

15. Shchemelinina T. N., Kotova O. B., Anchugova E. M., Shushkov D. A., Ignatiev G. V. Zeolite and clay raw: experimental modeling of biogeosorbents // *Vestnik of Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS*. 2018. № 9 (285). C. 50–57.

References

1. Vasilyeva G. K., Zinnatshina L. V., Akhmetov L. I., Sushkova S. N. *Biorekultivatsiya zagryaznennykh uglevodorodami nefti pochv s ispolzovaniyem metoda sorbtionnoy bioremediatsii. Otkhody, prichiny ikh obrazovaniya i perspektivy ispol'zovaniya* (Bioremediation of oil-contaminated soils using the method of sorption bioremediation. Wastes, causes of their formation and prospects for use). Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific Ecological Conference, 2019, pp. 345–348.

2. Degtyareva I. A., Motina T. Yu., Babynin E. V., Ezhkova A. M., Davletshina A. Ya. *Ekologo-toksikologicheskaya otsenka protsessy bioremediatsii neftezagryaznennoy pochvy* (Ecological and toxicological assessment of the process of bioremediation of oil-contaminated soil). *Theoretical and applied ecology*, 2020, No. 3, pp. 196–202.

3. Melekhina E. N., Markarova M. Yu., Shchemelinina T. N., Anchugova E. M., Kanev V. V. Secondary successions of biota in oil-polluted peat soil upon different biological remediation methods. *Eurasian Soil Sci.*, 2015, 48, pp. 643–653.

4. Khaziev F. Kh. *Metody pochvennoy enzimologii* (Methods of soil enzymology). Moscow: Nauka, 2005, 252 p.

5. Shchemelinina T. N., Kotova O. B., Kharia M., Anchugova E. M., Pelovskiy I., Cretescu I. *Novyye trendy v mekhanizmax povysheniya proizvoditel'nosti materialov na mineral'noy osnove* (New trends in the mechanisms of increasing the productivity of mineral-based materials). *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, 2017, No. 6, pp. 40–42.

6. Shchemelinina T. N., Kotova O. B., Anchugova E. M., Shushkov D. A., Ignatiev G. V. *Tseolitovoye i glinistoye syrye: eksperimentalnoye modelirovaniye biogeosorbentov* (Zeolite and clay raw materials: experimental modeling of biogeosorbents). *Vestnik of IG Komi SC UB RAS*, 2018, No. 9, pp. 50–57.

7. Shchemelinina T. N., Novoselova E. I., Kireeva N. A., Markarova M. Yu. *Diagnostirovaniye stepeni zagryaznennosti pochv neftyu po pokazatelyam fermentativnoy aktivnosti* (Diagnosing the degree of soil contamination with oil in terms of enzymatic activity). *Bulletin of the Orenburg State University*, 2007, No. 75, pp. 432–434.

8. Yurin V. M., Ditchenko T. I. *Immobilizovannyye kletki i fermenty. Uchebno-metodicheskiy kompleks* (Immobilized cells and enzymes. Training and methodology complex). Belarusian State University, 2014, 138 p.

9. Anchugova E. M., Melekhina E. N., Markarova M. Yu., Shchemelinina T. N. Approaches to the assessment of the efficiency of remediation of oil-polluted soils. *Eurasian Soil Science*, 2016, V. 49, No. 2, pp. 234–237.

10. Gasimova A. S. Use of biological products based on natural zeolites and biohumus in cleansing contaminated soils Absheron peninsula. *Sciences of Europe. Biological sciences*, 9 (9), 2016, pp. 3–6.

11. Ionela D., Fertu T., Gavrilescu M. Application of natural zeolites as sorbents in the clean-up of aqueous streams. *Environmental Engineering and Management Journal*, 2012, No. 11(4), pp. 867–878.

12. Kashefi, S., Lotfollahi, M. N., Shahrabadi, A. Investigation of asphaltene adsorption onto zeolite beta nanoparticles to reduce asphaltene deposition in a silica sand pack. *Oil & Gas Science and Technology — Rev. IFP Energies Nouvelles*, 2018, 73(2), DOI:10.2516/ogst/2017038

13. Shchemelinina T. N., Gömze L. A., Kotova O. B., Ibrahim J. E. F. M., Shushkov D. A., Harja M., Ignatiev G. V., Anchugova E. M. Clay- and zeolite-based biogeosorbents: modelling and properties. *Építőanyag — Journal of Silicate Based and Composite Materials*, 2019, 71 (4), pp. 131–137. DOI:10.14382/epitoanyag-jsbcm.2019.23

14. Shchemelinina T. N., Anchugova E. M., Kotova O. B., Shushkov D. A. The analcime-bearing rock immobilized microalgae: Stress resistance, psychrotolerance, phenol removal. *Bioresource Technology*, 2021, 332, 124560. DOI:10.1016/j.biortech.2020.124560

15. Shchemelinina T. N., Kotova O. B., Anchugova E. M., Shushkov D. A., Ignatiev G. V. Zeolite and clay raw: experimental modeling of biogeosorbents. *Vestnik of Institute of Geology of Komi SC UB RAS*, 2018, No. 9 (285), pp. 50–57.

Поступила в редакцию / Received 24.03.2022

Вклад Б. И. Гуслицера в изучение геологии квартера и палеолита Европейского Северо-Востока

Л. Н. Андреичева¹, П. Ю. Павлов²

¹Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; *andreicheva@geo.komisc.ru*

²Институт языка, литературы и истории ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; *ppavlov120@gmail.com*

Статья посвящена 100-летию юбилею кандидата географических наук Бориса Исааковича Гуслицера, заведующего лабораторией геоморфологии и четвертичной геологии в Институте геологии Коми филиала АН СССР. Крупнейший специалист и выдающийся исследователь четвертичной геологии (квартера) Европейского Северо-Востока России, он широко известен как в нашей стране, так и за рубежом. Область его научных интересов была весьма обширной: карстоведение, геоморфология, стратиграфия, палеогеография четвертичных отложений, палеомикротириология, археология.

Ключевые слова: карст, пещеры, геоморфология, четвертичные отложения, стратиграфия, палеогеография, мелкие млекопитающие, археология, палеолит.

B. I. Guslits'er's contribution to the study of Quaternary geology and Paleolithic of the European North-East

L. N. Andreicheva¹, P. Yu. Pavlov²

¹Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

²Institute of Language, Literature and History FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The article is devoted to the 100th anniversary of the Candidate of Geographical Sciences Boris Isaakovich Guslits'er, Head of the Laboratory of geomorphology and Quaternary geology at the Institute of Geology of the Komi Branch of the USSR Academy of Sciences. He was widely known both in our country and abroad as the largest specialist and outstanding researcher of the Quaternary geology of the European North-East of Russia. The area of his scientific interests was very extensive: karstology, geomorphology, stratigraphy, paleogeography, paleontology of Quaternary deposits, archeology.

Keywords: karst, caves, geomorphology, Quaternary deposits, stratigraphy, paleogeography, small mammals, archeology, paleolithic.

Введение

29 апреля 2022 года исполнилось бы 100 лет Борису Исааковичу Гуслицеру — крупнейшему специалисту в области четвертичной геологии, известному как в нашей стране, так и за рубежом, человеку, бесконечно преданному науке (рис. 1).

После службы на Черноморском флоте (1943—1947 гг.) он поступил на географический факультет Казанского пединститута, который с отличием закончил в 1951 году, и распределился в Рождественскую школу Татарстана, где был директором и преподавал географию. В школе Б. И. Гуслицер отработал три года, но его заветной мечтой была наука. И в 1954 году эта мечта осуществилась: отлично сдав экзамены, он поступил в аспирантуру сектора геологии Коми филиала Академии наук СССР по специальности «геоморфология». Научным руководителем стала великая В. А. Варсанюфьева, в чем ему крупно повезло, да он и сам так считал, вспоминая тот период жизни. Борис Исаакович всегда с огромной любовью вспоминал Веру Александровну и говорил, что он стал геологом, а не остался только геоморфологом в значительной степени благодаря ей. А в 1957 году, еще когда Борис Исаакович заканчивал аспирантуру, профессор



Рис. 1. Борис Исаакович Гуслицер (1922—1989)

Fig. 1. Boris Isaakovich Guslits'er (1922—1989)

А. А. Чернов сказал, что аспирант несомненно оправдает свое пребывание в науке. И это предсказание профессора сбылось: Борис Исаакович прожил очень плодотворную в научном плане жизнь. Он связал свою судьбу с Северо-Востоком Европейской России, где

Для цитирования: Андреичева Л. Н., Павлов П. Ю. Вклад Б. И. Гуслицера в изучение геологии квартера и палеолита Европейского Северо-Востока // Вестник геонаук. 2022. 4(328). С. 57—64. DOI: 10.19110/geov.2022.4.4.

For citation: Andreicheva L. N., Pavlov P. Yu. B. I. Guslits'er's contribution to the study of Quaternary geology and Paleolithic of the European North-East. Vestnik of Geosciences, 2022, 4(328), pp. 57—64, doi: 10.19110/geov.2022.4.4.



Рис. 2. Начало полевого сезона. Р. Адз'ва, Большеземельская тундра. 1979 год

Fig. 2. Beginning of the field season. The Adz'va River, Bolshezemelskaya tundra. 1979.



Рис. 3. Окончание полевого сезона. Притиманье, 70-е годы

Fig. 3. The end of the field season, the Timan region, the 70s

проработал 32 года, до своей безвременной кончины в 1989 году. Практически ежегодно он выезжал в экспедиции: на его счету около 30 полевых сезонов продолжительностью 3–4 месяца. Уезжал Борис Исаакович в поле в мае-июне — раньше всех сотрудников института, а возвращался в сентябре-октябре — позже всех (рис. 2, 3).

Он всегда был в научном поиске, и область его интересов была весьма обширна. Компетентность Бориса Исааковича способствовала достижению им больших успехов в стратиграфии и палеогеографии четвертичных отложений Тимано-Печоро-Вычегодского региона. Кроме того, он внес значительный вклад в карстоведение, геоморфологию, палеонтологию и археологию.

Исследование геоморфологии, карста и пещер

До 1965 года Б. И. Гуслицер работал в южной части Печорского Урала, занимаясь преимущественно геоморфологией и карстом. По его представлениям, в геоморфологическом плане территория верхней Печоры включает в себя три основных орографических пояса: горную зону, западную увалистую полосу и Печорскую низменность. Для этих зон характерен свой, сложившийся в процессе геологической истории комплекс форм рельефа, свои особенности геоморфологического строения. Большое внимание Борис Исаакович уделял строению речных долин [6]. Им реконструирована история их развития в четвертичное время и охарактеризованы основные магистральные реки исследуемого района, к которым он относил Печору и ее крупные притоки Унью и Илыч. По результатам изучения геоморфологии бассейна р. Уньи были выделены и закартированы 10 речных надпойменных террас. В 1963 году Б. И. Гуслицер защитил кандидатскую диссертацию «Геоморфология и четвертичные отложения бассейна р. Уньи».

Б. И. Гуслицер был первым исследователем карста на территории Республики Коми, выявившим основные закономерности развития карста и пещер на Печорском Урале [7]. В долине верхней Печоры им обнаружены и изучены карстовые воронки, исчезающие ручьи, карстовые источники, гроты и навесы. Установлено, что на территории исследований карстовые воронки и цепочки воронок являются наиболее распространенными формами поверхностного карстового рельефа, исчезающие ручьи и карстовые источники встречаются довольно редко, а гроты и навесы образуются там, где реки подмывают коренные берега и высокие цокольные террасы. Выявлено значительное влияние покровных оледенений на развитие поверхностных и подземных карстовых форм.

Впоследствии Б. И. Гуслицером написан ряд статей и научных отчетов по геоморфологии, четвертичным отложениям и карстовым явлениям. В соавторстве с Г. А. Черновым были составлены и опубликованы карты — геоморфологическая и четвертичных отложений Коми АССР [1], имевшие большое научное и практическое значение.

Еще одним его научным увлечением были пещеры. В течение многих лет продолжалось тесное и плодотворное сотрудничество Б. И. Гуслицера с археологом из ИЯЛИ В. И. Канивцом. В результате ими была написана и опубликована монография «Пещеры Печорского Урала» [16]. Б. И. Гуслицер обследовал свыше ста пещер — вертикальных и горизонтальных, многие из них были обнаружены впервые. Наибольшее количество пещер было встречено в верховье р. Печоры



Рис. 4. Входной грот Уньинской пещеры, Северный Урал
Fig. 4. Entrance grotto of the Un'inskaya Cave, Northern Urals



Рис. 5. Медвежья пещера, верхняя Печора, Северный Урал
Fig. 5. Medvezh'ya Cave, upper Pechora, Northern Urals

и на р. Унье, где карстующиеся известняки имеют широкое распространение и хорошо обнажены [4, 14, рис. 4].

В 1958 году в логу Н. Н. Иорданского Борисом Исааковичем была обнаружена и изучена система внутренних ходов Медвежьей пещеры [5], расположенной на верхней Печоре (рис. 5). Там оказалось крупное, самое северное в мире скопление костей пещерного медведя и наиболее северные в Европе костные остатки пещерного льва. Эта пещерная система местными жителями зовется «пещерами Гуслицера».

Кроме того, Б. И. Гуслицером впервые было установлено широкое развитие на Урале формации дочетвертичного (олигоцен-миоценового) аллювия, обоснована его высокая перспективность на россыпи ценных минералов, доказана, в частности, его золотоносность [10, 12].

В конце 1964 года Б. И. Гуслицер был избран по конкурсу заведующим лабораторией геоморфологии и четвертичной геологии, которой руководил 21 год.

В этой связи он вынужден был резко изменить профиль своих исследований, пожертвовав своими страстными увлечениями — карстом, пещерами и археологией, и вплотную заняться проблемами четвертичной геологии Тимано-Уральского региона. А в четвертичной геологии было и до настоящего времени остается огромное количество нерешенных вопросов, касающихся стратиграфии, палеогеографии, палеонтологии, проблематичной остается диагностика некоторых генетических типов четвертичных отложений.

Изучение стратиграфии и палеогеографии четвертичных отложений

В 60-х годах кайнозойские отложения на Европейском Северо-Востоке изучали геологи ПГО «Полярноуралгеология», Ухтинской и Вычегодской геолого-разведочных экспедиций, института «Гидропроект» и других геологических организаций. В связи с развертыванием крупных инженерно-геологических изысканий и бурением сотен скважин, вскрывших разрез кайнозоя, этот этап характеризуется резким ростом геологической информации. В это время вторую жизнь получает маринистическая гипотеза происхождения валунных суглинков, широко распространенных на Европейском Северо-Востоке России и слагающих значительную часть кайнозойского разреза [3, 26], ледниковый генезис которых казался бесспорным. Гипотеза «дрифта» возрождается сначала исследователями Западной Сибири, а потом и Печорской низменности. Не менее острые разногласия возникли по вопросу геологического возраста кайнозойской толщи: маринисты ставили под сомнение четвертичный возраст основной части разреза кайнозоя [2, 25]. Появилось множество местных стратиграфических схем, плохо сопоставимых между собой.

Проблема происхождения валунных суглинков и генетически связанных с ними отложений занимала важное место в научной работе Б. И. Гуслицера, он был убежденным приверженцем их гляциального генезиса. К числу генетических признаков, подтверждающих ледниковое происхождение суглинков, он относил следы динамического воздействия ледника на подстилающие и вмещающие породы, наличие многочисленных гляциодислокаций, отторженцев, экзарационных контактов, ориентировку обломочного материала и характерную штриховку валунов, закономерное развитие и расположение конечно-моренных форм рельефа и т. д. [11]. Б. И. Гуслицер внес весомый вклад в решение проблемы соотношения древних покровных оледенений и трансгрессий Северного Ледовитого океана, находя все новые и новые доказательства ледникового генезиса валунных суглинков Европейского Северо-Востока.

Решение сложных вопросов четвертичной геологии, требующее достоверного и надежного определения возрастной и генетической принадлежности отложений и выяснения палеогеографических условий их формирования в отдельные отрезки позднего кайнозоя, предполагало развитие новых идей и новых подходов. Руководство лабораторией Б. И. Гуслицер начал с внедрения новых для лаборатории и региона методов исследований в четвертичной геологии. Началось комплексное исследование отложений литологическим, палинологическим, диатомовым и другими методами.

Стратиграфия все больше и больше интересовала Бориса Исааковича. Для решения стратиграфических вопросов первостепенное значение имеет возраст отложений. Гуслицер пытался определить возраст четвертичных отложений радиоуглеродным методом, но верхний предел датирования по радиоуглероду (^{14}C) составляет лишь 50 тыс. лет, а исследуемые отложения гораздо древнее. После совместных полевых работ с башкирскими коллегами в начале 70-х годов Б. И. Гуслицер начал искать местонахождения костных остатков мелких млекопитающих (копытных леммингов) и изучать их [8]. Мелкие млекопитающие — это уникальная группа представителей органического мира, которая за непродолжительное время — в течение плейстоцена — весьма существенно эволюционировала. Быстрая эволюция грызунов позволяет использовать их для определения возраста вмещающих отложений. Нестандартность мышления, исключительная скрупулезность в исследованиях и потрясающая работоспособность позволили Борису Исааковичу разработать принципиально новую, эффективную методику поисков, массовой механической отмывки и сбора ископаемых остатков мелких млекопитающих. Внедрение данной методики сделало возможным повышение производительности труда в 50 раз по сравнению с применявшимися ранее способами. Б. И. Гуслицер сконструировал устройства, за которые получил три авторских свидетельства и знак «Изобретатель СССР»*. С помощью промывочного агрегата — «мышеловки», как его называл Б. И. Гуслицер, были открыты десятки местонахождений мелких млекопитающих и отмыты десятки тысяч костных остатков — коренных зубов леммингов. По причине массовости остатков они имеют несомненную ценность для создания надежной стратиграфической схемы. Особенно четко эволюционные изменения прослеживаются в строении рисунка жевательной поверхности коренных зубов копытного лемминга. Развитие зубной системы грызунов происходило очень быстро, что приводило к постепенному усложнению строения коренных зубов и развитию на них новых элементов. Величина показателя эволюционного уровня (ПЭУ) коренных зубов M^1 и M^2 копытных леммингов, определенная по методике В. А. Кочева [24], четко коррелируется с геологическим возрастом

* Авторское свидетельство № 763535. Устройство для отмывки палеонтологических остатков / Б. И. Гуслицер. 1980.

Copyright certificate No. 763535. Ustroystvo dlya otmyvki paleontologicheskikh ostatkov (Device for washing paleontological remains) / B. I. Guslitsler. 1980.

остатков, что позволило уверенно датировать содержащие их четвертичные отложения [9].

В результате детального изучения огромного палеонтологического материала был установлен ряд стратиграфических реперов, что способствовало надежному определению возраста ряда плейстоценовых толщ и горизонтов, являющихся предметом острых споров и непрекращающихся дискуссий, и проведено стратиграфическое расчленение четвертичной толщи. Кроме того, были воссозданы палеогеографические обстановки времени формирования вмещающих отложений. Б. И. Гуслицер доказал, что основная часть разреза, в частности лежащие на мезозое отложения, имеют не миоцен-плиоценовый возраст, как считали некоторые геологи, преимущественно маринисты, а четвертичный [13].

В 1979 году по инициативе Б. И. Гуслицера на р. Вычегде была организована и проведена Всесоюзная школа-семинар по отмывке палеонтологических остатков (рис. 6). Для зачистки береговых обнажений применялась мотопомпа.

Методика Б. И. Гуслицера оригинальна и не имеет аналогов в мировой практике. Он широко пропагандировал своё устройство и механизированную отмывку палеонтологических остатков среди геологов и палеонтологов. Его методика была внедрена в практику работ не только в Институте геологии, но и других геологических организациях. Впоследствии на основе использования этой методики и изобретённого



Рис. 6. Участники Всесоюзной школы-семинара знакомятся с методикой механизированной отмывки палеонтологических остатков на р. Вычегде, 1979 г.

Fig. 6. Participants of the All-Union School-Seminar get acquainted with the method of mechanized washing of paleontological remains on the Vychehda River, 1979



им устройства на территории России было обнаружено множество разновозрастных местонахождений ископаемых остатков мелких млекопитающих — зубов грызунов.

От Межведомственного стратиграфического комитета (МСК) Борис Исаакович руководил подготовкой и составлением региональной стратиграфической схемы четвертичных отложений Тимано-Печоро-Вычегодского региона. В основу этой схемы были положены результаты комплексного исследования квартера, включая данные изучения палеомикротириофауны — показатель эволюционного уровня зубов ископаемых грызунов (ПЭУ). Схема была принята и утверждена в 1986 году МСК [27] и до сих пор служит основой при составлении геологических карт, способствуя правильному выбору наиболее рациональных направлений поисков полезных ископаемых. В течение многих лет Б. И. Гуслицер был куратором по изучению четвертичного периода на северо-востоке Восточно-Европейской платформы от Волго-Уральской комиссии и соруководителем международного проекта МПГК-24 «Четвертичные отложения Северного полушария».

Вклад Б. И. Гуслицера в изучение палеолита Европейского Северо-Востока

Значительна роль Б. И. Гуслицера и в археологии: на Крайнем Севере Европейской России совместно с археологами В. И. Канивцом [14, 15], а затем с П. Ю. Павловым [22] были выявлены и исследованы самые северные в мире стоянки человека эпохи палеолита.

В начале 60-х гг. XX века по инициативе Бориса Исааковича были начаты поиски палеолитических памятников в карстовых полостях верхней Печоры. В результате открыта первая на Печорском Урале палеолитическая стоянка — Медвежья пещера [15; 17]. При участии Б. И. Гуслицера была открыта и стоянка Бызовая на средней Печоре [18].

Эти без преувеличения сенсационные находки кардинально изменили устоявшиеся в мировой науке представления о времени освоения человеком приполярных областей Евразии. До этих открытий считалось доказанным, что человек освоил арктические и субарктические широты материка не ранее конца мезолитической эпохи, т. е. около 7 тыс. лет тому назад. Возможность более раннего, палеолитического, этапа заселения этих широт категорически отвергалась, т. к. считалось, что территория была перекрыта покровными ледниками практически в течение всей палеолитической эпохи. Стоянки на Печоре до начала 70-х гг. XX века оставались самыми северными палеолитическими местонахождениями в мире.

Значителен вклад Бориса Исааковича в изучение хроностратиграфии палеолитических стоянок на Печоре. Высококвалифицированные описания разрезов печорских стоянок и их палеогеографическая интерпретация, выполненные им,

не потеряли своего научного значения и в настоящее время. Б. И. Гуслицер был пионером в применении радиоуглеродного метода для датирования стоянок печорского палеолита [19].

Важно отметить, что палеогеографические реконструкции Б. И. Гуслицера послужили одним из оснований разработанной В. И. Канивцом модели заселения бассейна Печоры в палеолитическую эпоху. На основе предложенных Борисом Исааковичем реконструкций палеоклиматов плейстоцена северо-востока Европы и различий в хронологии и материальной культуре печорских палеолитических стоянок В. И. Канивец пришёл к обоснованному выводу о двух разнокультурных волнах заселения этой территории. По его мнению, заселение бассейна Печоры происходило в периоды относительно благоприятных интерстадиальных природных условий. В продолжительные периоды стадиялов позднего плейстоцена территория крайнего северо-востока Европы не была обитаема.

В начале 80-х гг. XX века Б. И. Гуслицер и П. Ю. Павлов возобновили целенаправленные исследования палеолита в регионе. Были проведены новые исследования верхнепалеолитических стоянок Печоры — Медвежьей пещеры и Бызовой [20; 28]. На Среднем Урале проводились раскопки грота Большой Глухой [21; 29]. По инициативе Б. И. Гуслицера было изучено местонахождение Харута в бассейне нижней Печоры, где найдены кости трогонтериевого слона (?) и несколько каменных артефактов (рис. 7).

По предложению Бориса Исааковича при исследованиях стоянок, расположенных в карстовых полостях Среднего (грот Большой Глухой) и Северного Урала (Медвежья пещера, навес Студёный), был проведен массовый сбор остатков мелких млекопитающих и получены огромные стратифицированные палеонтологические коллекции костей мелких грызунов. Анализ их видового состава и его динамики позволил Б. И. Гуслицеру надёжно реконструировать палеогеографические обстановки времени формирования позднплейстоценовых пещерных отложений и культур-



Рис. 7. Б. И. Гуслицер (справа) на Харутинском местонахождении (1989 год)

Fig. 7. B. I. Guslitzer (to the right) at the Kharuta locality (1989)



ных слоёв палеолитических стоянок, расположенных в карстовых полостях [23].

Заключение

Важнейший результат научной деятельности Бориса Исааковича Гуслицера — это его вклад в стратиграфию четвертичного периода. Им доказано, что палеомикростратиграфический метод является наиболее информативным для целей стратификации и корреляции четвертичных отложений. На био-стратиграфической основе с привлечением радиоуглеродного, археологического и литолого-геохимических методов в строении четвертичной толщи выделены пять горизонтов ледниковых и связанных с ними перигляциальных осадков. Установлен четвертичный возраст ряда толщ, ранее считавшихся неогеновыми.

Одной из главных заслуг Б. И. Гуслицера является его участие в открытии и изучении самых северных в Европе палеолитических стоянок на р. Печоре — Медвежьей пещеры и Бызовой. Борис Исаакович внёс значительный вклад в изучение хроностратиграфии верхнего палеолита северо-востока Европы. Обобщение фактического материала, полученного в ходе полевых исследований, позволило ему воссоздать природное окружение палеолитического населения бассейна Печоры. Эти реконструкции послужили естественнонаучной основой для разработки моделей процесса первоначального заселения человеком севера Европы. Б. И. Гуслицер по праву считается одним из основоположников изучения геологии палеолита высоких широт Евразии.

В последние годы работы Бориса Исааковича Гуслицера в Институте геологии сократилось финансирование и возникли сложности с проведением полноценных полевых работ. Для зачистки береговых обнажений, механизированной отмывки костей мелких млекопитающих и их отбора требовалась мотопомпа, большое количество горючего и рабочая сила. Стало невозможным выезжать в экспедиции на длительный срок большими отрядами. Но Б. И. Гуслицер по-прежнему был полон замыслов, идей, планов, собирался работать и сделать ещё много... Однако в институте произошли структурные преобразования, и в результате в середине 1986 года Борису Исааковичу пришлось уйти на пенсию, несмотря на то, что он был руководителем лабораторной темы НИР. Будучи трудолюбивым, без работы он просто не мог существовать. Его здоровье стало ухудшаться, но он продолжал приходить на работу, продолжал заниматься наукой. Умер Б. И. Гуслицер 29 апреля 1989 года — в день своего рождения.

Литература

1. Атлас Коми АССР. М.: Главное управление геодезии и картографии Государственного геологического комитета СССР, 1964. 112 с.

2. Белкин В. И. Новые данные по стратиграфии и литологии мезозойских и кайнозойских отложений центра и востока Большеземельской тундры // Материалы по геологии и полезным ископаемым северо-востока европейской части СССР. Сб. 5. Сыктывкар, 1965. С. 133—151.

3. Белкин В. И., Зархидзе В. С., Семенов И. Н. Кайнозойский покров севера Тимано-Уральской области // Геология кайнозоя севера европейской части СССР. М., 1966. С. 38—55.

4. Гуслицер Б. И. Пещеры бассейна р. Уньи // Известия Коми филиала ВГО. 1959. Вып. 5. С. 43—52.

5. Гуслицер Б. И. Медвежья пещера в бассейне верхней Печоры // Спелеология и карстоведение. М., 1959. С. 69—81.

6. Гуслицер Б. И. Строение и развитие долин верховий Печоры // Бюл. МОИП. Отд. геол. Т. 35. Вып. 3. 1960. С. 69—88.

7. Гуслицер Б. И. Карст бассейна р. Уньи // Сборник трудов по геологии и палеонтологии. Сыктывкар, 1960. С. 191—219.

8. Гуслицер Б. И. Поиски ископаемых остатков мелких млекопитающих. Сыктывкар, 1979. 39 с. (Новые научные методики: Сер. препринтов / АН СССР, Коми фил. Вып. 1).

9. Гуслицер Б. И. Сопоставление разрезов плейстоценовых отложений бассейнов Печоры и Вычегды по ископаемым остаткам грызунов // Плиоцен и плейстоцен Волго-Уральской области. М.: Наука, 1981. С. 28—37.

10. Гуслицер Б. И. Мезо-кайнозойские отложения Печорского Урала, перспективные на полезные ископаемые россыпного типа // Литология и рудогенез осадочных толщ Европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар, 1982. С. 149—152. (Тр. IX геол. конф. Коми АССР. Т. 3).

11. Гуслицер Б. И. Перекрывалась ли Печорская низменность покровными ледниками // Проблемы геологии Европейского Севера СССР. Сыктывкар, 1983. С. 59—75. (Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР. Вып. 42).

12. Гуслицер Б. И. Дочетвертичный аллювий Печорского Урала // Проблемы алмазности юга Коми АССР. Сыктывкар, 1988. 40 с. (Научные рекомендации — народному хозяйству: Сер. препринтов / АН СССР. Уральское отделение, Коми научный центр. Вып. 65).

13. Гуслицер Б. И., Исачев К. И. Возраст роговской свиты Тимано-Уральской области по данным изучения ископаемых остатков копытных леммингов // Бюл. Комиссии по изуч. четвертичного периода. № 52. М.: Наука, 1983. С. 58—72.

14. Гуслицер Б. И., Канивец В. И. Археологические находки в Канинской пещере на верхней Печоре. Сыктывкар, 1960. С. 118—128. (Тр. Коми фил. АН СССР. Вып. 9).

15. Гуслицер Б. И., Канивец В. И. Палеолитические стоянки на Печоре // Стратиграфия и периодизация палеолита Восточной и Центральной Европы. М.: Наука, 1965. С. 86—102.

16. Гуслицер Б. И., Канивец В. И. Первая палеолитическая стоянка на Печорском Урале // Бюл. Комиссии по изуч. четвертичного периода. № 27. М.: Наука, 1962. С. 21—27.

17. Гуслицер Б. И., Канивец В. И. Пещеры Печорского Урала. М.—Л.: Наука, 1965. 134 с.

18. Гуслицер Б. И., Канивец В. И., Тимофеев Е. М. Стоянка Бызовая — палеолитический памятник у Полярного круга // Советская археология. № 2. 1965. С. 135—141.

19. Гуслицер Б. И., Лийва А. О возрасте местонахождения остатков плейстоценовой фауны и палеолитической стоянки Бызовая на Средней Печоре // Изв. АН ЭССР. Биология. Т. 31. № 3. 1972. С. 250—254.

20. Гуслицер Б. И., Павлов П. Ю. Верхнепалеолитическая стоянка Медвежья пещера (новые данные) // Памятники эпохи камня и металла Северного Приуралья (Материалы



по археологии Европейского Северо-Востока. Вып.12). Сыктывкар, 1988. С. 5—15.

21. Гуслицер Б. И., Павлов П. Ю. О первоначальном заселении северо-востока Европы (новые данные). Сыктывкар, 1987. 24 с. (Научные доклады. Сер. препринтов / АН СССР. Коми филиал. Вып.172).

22. Гуслицер Б. И., Павлов П. Ю. Открытия археологов на севере Европы // Наука и жизнь. 1986. № 1. С. 154.

23. Гуслицер Б. И., Павлов П. Ю. Первоначальное заселение северо-востока Европы // Культурная адаптация в эпоху верхнего палеолита: Тезисы докладов советско-американского полевого семинара. Л., 1989. С. 39—41.

24. Кочев В. А. Определение возраста четвертичных отложений по ископаемым остаткам копытных леммингов. Сыктывкар, 1984. 16 с. (Новые научные методики: Сер. препринтов / АН СССР. Уральское отделение, Коми научный центр. Вып. 12).

25. Крапивнер Р. Б. Мореноподобные суглинки Печорской низменности — осадки длительно замерзающих морей // Изв. вузов. Геология и разведка. 1973. № 12. С. 28—37.

26. Попов А. И. Палеогеография плейстоцена Большеземельской тундры // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1961. № 6. С. 41—47.

27. Решение 2-го Межведомственного стратиграфического совещания по четвертичной системе Восточно-Европейской платформы (Ленинград — Полтава — Москва, 1983 г.) с региональными стратиграфическими схемами / Под ред. И. И. Краснова, Е. П. Зарриной. Л., 1986. 156 с.

28. Guslitser B., Pavlov P. Man and Nature in the NorthEastern Europe in the Middle and Late Pleistocene // O. Soffer, N. Praslov (eds.). From Kostenki to Clovis. Plenum Press, N-Y, London, 1993. PP. 113—123.

29. Guslitser B. I., Pavlov P. Yu. New Information on Early Man in the Northeastern Russia // Polar Geography and Geology. Vol. 17, N 2. Washington, 1993. PP. 98—117.

References

1. Atlas Komi ASSR (Atlas of Komi ASSR). Moscow: *Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii Gosudarstvennogo geologicheskogo komiteta USSR* (Main Directorate of Geodesy and Cartography of the State Geological Committee of the USSR), 1964, 112 p.

2. Belkin V. I. *Novye dannye ho stratirafii I litologii mezo-zoiskih I kainozoiskih otlozhenii tsentra i vostoka Bol'shezemel'skoi tundry*. (New data on stratigraphy and lithology of the Mesozoic and Cenozoic sediments of the Center and East of the Bolshezemel'skaya Tundra). Materials on geology and mineral resources of the Northeast of the European part of the USSR. Collection 5. Syktyvkar, 1965, pp. 133—151.

3. Belkin V. I., Zarkhidze V. S., Semenov I. N. *Kainozoiskiy pokrov severa Timano-Ural'skoi oblasti*. (Cenozoic nappe of the North of the Timan-Ural region). The geology of the Cenozoic of the North of the European part of the USSR. Moscow, 1966, pp. 38—55.

4. Guslitser B. I. *Peshchery basseyna r. Un'i* (The caves of the Un'ya River basin). Proceedings of Komi branch of All-Union Geological Society, 1959, V. 5, pp. 43—52.

5. Guslitser B. I. *Medvezh'ya peshchera v basseyne verkhney Pechory* (Medvezh'ya Cave in the basin of upper Pechora). Speleology and Karstology, Moscow, 1959, pp. 69—81.

6. Guslitser B. I. *Stroyeniye i razvitiye dolin verkhoviy Pechory* (The structure and development of the upper Pechora valleys). Bull. MOIP. Geol. Branch, t.35, V. 3, 1960, pp. 69—88.

7. Guslitser B. I. *Karst basseyna r. Un'i* (Karst of the Un'ya River basin). Collection of work on geology and paleontology, Syktyvkar, 1960, pp. 191—219.

8. Guslitser B. I. *Poiski iskopyemykh ostatkov melkikh mle-kopitayushchih* (Search for fossil remains of small mammals). Syktyvkar, 1979, 39 p.

9. Guslitser B. I. *Sopostavleniye razrezov pleystotsenovykh otlozheniy basseynov Pechory i Vychehdy po iskopyemykh ostatkam gryzunov* (Comparison of sections of the Pleistocene deposits of the Pechora and Vychehda basins according to the fossil remains of rodents). Pliocene and Pleistocene of the Volga-Ural region. Moscow: Nauka, 1981, pp. 28—37.

10. Guslitser B. I. *Mezo-kaynozoyskiye otlozheniya Pechorskogo Urala, perspektivnyye na poleznyye iskopyemyye rossypnogo tipa* (Meso-Cenozoic deposits of the Pechora Urals, promising for placer minerals). Lithology and ore genesis of sedimentary strata of the European North-East of the USSR. Syktyvkar, 1982, pp. 149—152.

11. Guslitser B. I. *Perekryvalas' li Pechorskaya nizmennost' pokrovnymi lednikami* (Was the Pechora lowland overlapped by integumentary glaciers?). Problems of Geology of the European North of the USSR. Syktyvkar, 1983, pp. 59—75.

12. Guslitser B. I. *Dochetvertichnyy allyuviy Pechorskogo Urala* (Pre-Quaternary alluvium of the Pechora Ural). Problems of diamond content in the south of the Komi ASSR. Syktyvkar, 1988, 40 p.

13. Guslitser B. I., Isaychev K. I. *Vozrast rogovskoy svity Timano-Ural'skoy oblasti po dannym izucheniya iskopyemykh ostatkov kopytnykh lemmingov* (The age of the Rogovka Formation of the Timan-Ural region according to the study of fossil remains of ungulate lemmings). Bull. of Quaternary Geology Commission, No. 52, Moscow: Nauka, 1983, pp. 58—72.

14. Guslitser B. I., Kanivets V. I. *Arkhologicheskiye nakhodki v Kaninskoy peshchere na verkhney Pechore* (Archaeological finds in the Kaninskaya cave on the upper Pechora). Syktyvkar, 1960, pp. 118—128.

15. Guslitser B. I., Kanivets V. I. *Pervaya paleoliticheskaya stoyanka na Pechorskom Urale* (The first Palaeolithic site on the Pechora's Urals). Bulletin of Quaternary Geology Commission, No. 27, 1962, pp. 21—27.

16. Guslitser B. I., Kanivets V. I. *Paleoliticheskkiye stoyanki na Pechore* (Paleolithic sites on the Pechora). Stratigraphy and periodization of the Paleolithic of Eastern and Central Europe. Moscow: Nauka, 1965, pp. 86—102.

17. Guslitser B. I., Kanivets V. I. *Peshchery Pechorskogo Urala* (Caves of the Pechora Ural). Moscow-Leningrad: Nauka, 1965, 134 p.

18. Guslitser B. I., Kanivets V. I., Timofeev E. M. *Stoyanka Byzovaya — paleoliticheskij pamyatnik u Polyarnogo kruga* (Byzovaya site — Palaeolithic site near the Polar Circle). *Sovetskaya archeologiya* (Soviet archeology), No. 2, 1965, pp. 135—141.

19. Guslitser B. I., Lijva A. *O vozraste mestonaxozhdeniya ostatkov pleystocenovoy fauny paleoliticheskoy stoyanki Byzovaya na Srednej Pechore* (On the age of Pleistocene fauna and the Palaeolithic site Byzovaya on the middle Pechora). Proceedings of AS ESSR, *Biologiya*, V. 31, No. 3, 1972, pp. 250—254.

20. Guslitser B. I., Pavlov P. Yu. *Otkrytiya arkheologov na severe Yevropy* (Discoveries of archaeologists in the north of Europe). Science and life, No. 1, 1986, p. 154.

21. Guslitser B. I., Pavlov P. Yu. *O pervonachalnom zasele-nii severo-vostoka Evropy (novye dannye)* (On the initial Inhabitation of the Northeastern Europe (new data). Syktyvkar, 1987, 24 p.



22. Guslitser B. I., Pavlov P. Yu. *Verhnepaleoliticheskaya stoyanka Medvezhya peshhera (novye dannye)* (The Upper Palaeolithic site Medvezhia Cave (new data). *Памятники эпохи камня и металла Северного Приуралья* (Sites of stone and metal epoch of the Ural region). Syktyvkar, 1988, pp. 5–15.

23. Guslitser B. I., Pavlov P. Yu. *Pervonachal'noe zasele-nie severo-vostoka Evropy* (Initial inhabitation of the North-eastern Europe). Proceedings of seminar. Leningrad, 1989, pp. 39–41.

24. Kochev V. A. *Opredeleniye vozrasta chetvertichnykh ot-lozheniy po iskopayemym ostatkam kopytnykh lemmingov* (Determination of the age of Quaternary deposits from the fossil remains of ungulate lemmings). Syktyvkar, 1984, 16 p.

25. Krapivner R. B. *Morenopodobnyye suglinki Pechorskoy nizmennosti — osadki dlitel'no zamerzayushchikh morey* (Moraine-like loams of the Pechora Lowland — Sediments of Long Freezing Seas. Proceedings of universities. Geology and exploration, 1973, No. 12, pp. 28–37.

26. Popov A. I. *Paleogeografiya pleystotsena Bolshezemelskoy tundry* (Paleogeography of the Pleistocene of the

Bolshezemelskaya Tundra). Bulletin of Moscow State University. Ser. 5. Geography, 1961, No. 6, pp. 41–47.

27. *Resheniye 2-go Mezhdedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po chetvertichnoy sisteme Vostochno-Yevropeyskoy platformy (Leningrad–Poltava–Moskva, 1983 g.) s regional'nymi stratigraficheskimi skhemami* (Decision of the 2nd Interdepartmental Stratigraphic Conference on the Quaternary System of the East European Platform (Leningrad–Poltava–Moscow, 1983) with Regional Stratigraphic Schemes), Ed. I. I. Krasnova, E. P. Zarrina. Leningrad, 1986, 156 p.

28. Guslitser B., Pavlov P. Man and Nature in the NorthEastern Europe in the Middle and Late Pleistocene. O. Soffer, N. Praslov (eds.). From Kostenki to Clovis. Plenum Press, N-Y, London, 1993, pp.113–123.

29. Guslitser B. I., Pavlov P. Yu.. New Information on Early Man in the Northeastern Russia. Polar Geography and Geology. V.17, No. 2, Washington, 1993, pp. 98–117.

Поступила в редакцию / Received 22.02.2022

Редакторы издательства:

О. В. Габова, К. В. Ордин

Компьютерная верстка:

А. Ю. Перетягин

Свид. о рег. средства массовой информации ПИ № ФС77-75435 от 19.04.2019, выданное Роскомнадзором. Отпечатано: 31.05.2022. Формат бумаги 60 × 84^{1/8}. Печать RISO. Усл. п. л. 8. Тираж 140. Заказ 1184. Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Редакция, издательство, типография: издательско-информационный отдел Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).

Адрес: 167982, Республика Коми, Сыктывкар, Первомайская, 54. Тел.: (8212) 24-51-60. Эл. почта: vestnik@geo.komisc.ru

На обложке использованы фото А. Антошкиной, К. Повасева, И. Астаховой, А. Журавлева, Н. Воробьева.