



Главный редактор

А. М. Асхабов

Chief Editor

A. M. Askhabov

Редакционный совет

А. И. Антошкина, Сыктывкар, Россия
М. А. Т. М. Брокманс, Тронхейм, Норвегия
И. Н. Бурцев, Сыктывкар, Россия
Д. А. Бушнев, Сыктывкар, Россия
Ю. Л. Войтеховский, Санкт-Петербург, Россия
А. Д. Гвишиани, Москва, Россия
И. В. Козырева, Сыктывкар, Россия
М. Комак, Любляна, Словения
В. А. Коротеев, Екатеринбург, Россия
О. Б. Котова, Сыктывкар, Россия
С. В. Кривовичев, Санкт-Петербург, Россия
С. К. Кузнецов, Сыктывкар, Россия
М. Мартинс, Ору-Прету, Бразилия
Т. П. Майорова, Сыктывкар, Россия
Ж. К. Мелгарехо, Барселона, Испания
Ф. Мон, Пекин, Китай
П. Мянник, Таллин, Эстония
А. М. Пыстин, Сыктывкар, Россия
К. М. Соджа, Гамильтон, Нью-Йорк, США
О. В. Удоратина, Сыктывкар, Россия
М. А. Федонкин, Москва, Россия

Editorial Board

Anna I. Antoshkina, Syktyvkar, Russia
Maarten A.T.M. Broekmans, Trondheim, Norway
Igor N. Burtsev, Syktyvkar, Russia
Dmitry A. Bushnev, Syktyvkar, Russia
Yury L. Voytekhovsky, Saint Petersburg, Russia
Alexey D. Gvishiani, Moscow, Russia
Irina V. Kozyreva, Syktyvkar, Russia
Marko Komac, Ljubljana, Slovenia
Viktor A. Koroteev, Ekaterinburg, Russia
O. B. Kotova, Syktyvkar, Russia
Sergey V. Krivovichev, Saint Petersburg, Russia
Sergey K. Kuznetsov, Syktyvkar, Russia
Maximiliano de Souza Martins, Ouro Preto, Brazil
Tatyana P. Mayorova, Syktyvkar, Russia
Joan Carles Melgarejo, Barcelona, Spain
Fancong Meng, Beijing, China
Peep Männik, Tallinn, Estonia
Alexander M. Pystin, Syktyvkar, Russia
Constance M. Soja, Hamilton, NY, USA
Oksana V. Udoratina, Syktyvkar, Russia
Mikhail A. Fedonkin, Moscow, Russia

Редакционная коллегия

А. И. Антошкина, Т. М. Безносова (ответственный секретарь), И. Н. Бурцев, Д. А. Бушнев, И. В. Козырева, О. Б. Котова (заместитель главного редактора), С. К. Кузнецов, Т. П. Майорова, А. М. Пыстин, О. В. Удоратина

Editorial team

A. I. Antoshkina, T. M. Beznosova (Executive Secretary), I. N. Burtsev, D. A. Bushnev, I. V. Kozyreva, O. B. Kotova (Deputy Chief Editor), S. K. Kuznetsov, T. P. Mayorova, A. M. Pystin, O. V. Udoratina

Технический редактор

Г. Н. Каблис

Technical Editor

G. N. Kablis

Заведующий редакцией

Т. А. Некучаева

Managing Editor

T. A. Nekuchaeva

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

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

Прежнее название:

Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ журнала (2019) – 0,417



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 (2019) – 0.417

Содержание

Content

85 лет со дня рождения академика Н. П. Юшкина
и памятные даты этого года3

85th anniversary of Academician N. P. Yushkin
and memorable dates of this year4

Обзорная статья

Review article

Байгаринский человек эпохи мезолита:
минералого-геохимические исследования,
палеоэкологические реконструкции и история ранних
миграций человека на территорию Западной Сибири
*В. И. Силаев, П. А. Косинцев, В. Н. Филиппов, Д. В. Киселёва,
И. В. Смолева, Н. Г. Солошенко, Т. Г. Окунева,
Н. В. Чередниченко, Е. М. Тропников, А. Ф. Хазов*5

The mesolithic Baigara human:
mineralogical-geochemical studies, paleoecological
reconstructions and history of early human
migrations to Western Siberia
*V. I. Silaev, P. A. Kosintsev, V. N. Filippov, D. V. Kiseleva,
I. V. Smoleva, N. G. Soloshenko, T. G. Okuneva,
N. V. Cherednichenko, E. M. Tropnikov, A. F. Khazov*5

Научные статьи

Scientific articles

Строение, состав и условия формирования
четвертичных отложений в Кельтминском
погребенном каньоне (юго-восток Республики Коми)
*Л. Н. Андреичева, Т. И. Марченко-Вагапова,
В. А. Исаков*27

Structure, composition and conditions of formation
of Quaternary sediments in the Keltmin burial canyon
(southeast of the Komi Republic)
*L. N. Andreicheva, T. I. Marchenko-Vagapova,
V. A. Isakov*27

Отложения среднего неоплейстоцена
в нижнем течении р. Печоры
Н. Н. Воробьев37

Middle Neopleistocene sediments
in the lower course of the Pechora River
N. N. Vorobyev37

Минеральные ресурсы юга Дальнего Востока
в экспозициях музея и публикациях
В. А. Соляник, В. А. Пахомова, В. Б. Тишкина44

Mineral resources of the South of the Far East
in Museum expositions and publications
V. A. Solyanik, V. A. Pakhomova, V. B. Tishkina44

Хроника, события, факты. История науки

Chronicle, events, facts. History of Science

К 85-летию со дня рождения
академика Н. П. Юшкина50
Будни полевого сезона51
Страница памяти52

On the occasion of the 85th anniversary
of Academician N. P. Yushkin50
Field season routine51
Memory page52

Правила
оформления
статей



Vestnik
article
Formatting



85 лет со дня рождения академика Н. П. Юшкина и памятные даты этого года

Для Института геологии, журнала «Вестник геонаук», минералогической общественности страны 2021 год знаменателен тем, что в этом году исполняется 85 лет со дня рождения Н. П. Юшкина (родился 20 мая 1936 года) и 50 лет основанной им лаборатории генетической и экспериментальной минералогии — ЛабГиЭМ (18 мая 1971 года), положившей начало знаменитой юшкинской минералогической школе. Интересно, что первоначально предлагавшееся название — «Лаборатория генетико-информационной минералогии» — не получило одобрения. Тем не менее проблема генетической информации в минералах все же стала ключевой для новой лаборатории. Среди других направлений исследований в лаборатории были объявлены экспериментальное моделирование минералообразующих процессов и исследование процессов кристаллообразования. Тематика исследований затем существенно расширилась, и в конце 1981 года (31 декабря) на базе ЛабГиЭМ был сформирован отдел минералогии (ОМ) в составе двух лабораторий: региональной минералогии (заведующий Н. П. Юшкин) и экспериментальной минералогии (заведующий А. М. Асхабов). Таким образом, 40 лет отделу минералогии — это еще одна и не последняя знаменательная дата в истории сыктывкарской минералогии, которую мы отмечаем в этом году наряду с юбилеем Н. П. Юшкина.

С 1976 года в Сыктывкаре регулярно проводятся международные минералогические семинары (с 2013 года — Юшкинские чтения), на которых обсуждается широкий круг актуальных проблем общей региональной и прикладной минералогии.

25 лет назад, в 1996 году, сыктывкарская минералогическая школа была официально признана ведущей научной школой России. Главным направлением исследований стали механизмы и эволюция минералообразования в истории Земли, взаимодействие и эволюция живого и минерального миров. В этом же году была организована кафедра минералогии в Сыктывкарском го-

сударственном университете (что интересно, на физическом факультете), ставшая кузницей кадров для Института геологии все последние годы.

2021 год вообще богат на разные памятные даты, связанные с основателем нашего журнала. В этом году исполняется также 25 лет его программной статье «Приоритеты минералогии на пороге XXI века», опубликованной в пятом номере «Вестника» за 1996 год. Прошедшие годы подтвердили прогнозы Н. П. Юшкина, и обозначенные им магистральные направления развития минералогической науки продолжают и сейчас оставаться актуальными. Текущие приоритеты минералогии обсуждались нами в прошлом году («Вестник геонаук» № 5, 2020). О других памятных датах и событиях из жизни Н. П. Юшкина мы с Ю. Б. Мариным вспоминаем в «Записках РМО» (2021, № 3).

Перечисленным выше памятным датам было посвящено совместное заседание ученого совета Института геологии и Сыктывкарского отделения Российского минералогического общества (СО РМО). Информация о данном мероприятии помещена в этом выпуске «Вестника геонаук» в разделе «Хроника, события, факты. История науки». Кроме того, начиная с этого номера и до конца года в «Вестнике геонаук» будут публиковаться статьи, касающиеся памятных дат этого года, а также научные статьи, развивающие идеи Н. П. Юшкина в минералогии и смежных областях геологической науки, посвященные его памяти. Так, в этом номере В. И. Силаевым с соавторами развиваются идеи археоминералогии, нового направления минералогической науки, основы которого были заложены академиком Н. П. Юшкиным.

На предстоящий 2022 год также приходится много памятных дат и событий, связанных с жизнью Н. П. Юшкина. Для нас важно, что это будет год очередных Юшкинских чтений. Мы надеемся провести их в обычном режиме.

*Главный редактор журнала «Вестник геонаук»
академик А. М. Асхабов*



85th anniversary of Academician N. P. Yushkin and memorable dates of this year

The staff of the Institute of geology, «*Vestnik of Geosciences*» journal, the mineralogical community of the country distinguishes 2021 as this year marks the 85th anniversary of the birth of N. P. Yushkin (born May 20, 1936) and the 50th anniversary of the Laboratory of Genetic and Experimental Mineralogy — LabGEM (May 18, 1971), which laid the foundation for the famous Yushkin mineralogical school. It is interesting that the originally proposed name — «Laboratory of Genetic Information Mineralogy» — was not approved. Nevertheless, the problem of genetic information in minerals still became crucial for the new laboratory. Among other areas of research in the laboratory, experimental modeling of mineral-forming processes and the study of crystal formation processes were announced. Subjects of research then expanded significantly, and at the end of 1981 (December 31), on the basis of LabGEM, the Department of Mineralogy was formed as part of two laboratories: Regional Mineralogy (headed by N. P. Yushkin) and Experimental Mineralogy (headed by A. M. Askhabov). Thus, the 40th anniversary of the Department of Mineralogy is another and not the last significant date in the history of Syktyvkar mineralogy, which we celebrate this year alongside with the anniversary of N. P. Yushkin.

Since 1976, international mineralogical seminars have been regularly held in Syktyvkar (since 2013 — Yushkin Readings), at which a wide range of important problems of general regional and applied mineralogy are discussed.

25 years ago, in 1996, the Syktyvkar Mineralogical School was officially recognized as the leading scientific school in Russia. The main direction of research was the mechanisms and evolution of mineral formation in the history of the Earth, the interaction and evolution of the living and mineral worlds. In the same year, the Department of Mineralogy was organized at the Syktyvkar State University (in fact, at the Faculty of Physics), which be-

came a source of personnel for the Institute of geology in recent years.

The year 2021 is generally rich in various memorable dates associated with the founder of our journal. This year also marks the 25th anniversary of his programmatic article «Priorities of Mineralogy on the Threshold of the 21st Century», published in the fifth issue of the «*Vestnik*» for 1996. The past years confirmed the forecasts of N. P. Yushkin, and the main directions of development of mineralogical science, indicated by him, continue to remain relevant today. We discussed the current priorities of mineralogy last year (*Vestnik of Geosciences*, No. 5, 2020). Yu. B. Marin and I recall other memorable dates and events in the life of N. P. Yushkin in «*Proceedings of RMS*» (2021, No. 3).

A joint meeting of the Academic Council of the Institute of Geology and the Syktyvkar Branch of the Russian Mineralogical Society (SB RMS) was dedicated to the above memorable dates. Information about this event is placed in this issue of «*Vestnik of Geosciences*» in the section «Chronicle, events, facts. History of Science». In addition, starting from this issue and until the end of the year, «*Vestnik of Geosciences*» will publish articles on memorable dates of this year, as well as scientific papers developing N. P. Yushkin's ideas in mineralogy and related fields of geological science, dedicated to his memory. Thus, in this issue, V. I. Silaev and co-authors develop the ideas of archeomineralogy, a new trend in mineralogical science, the foundations of which were laid by Academician N. P. Yushkin.

The upcoming year 2022 also has many memorable dates and events associated with the life of N. P. Yushkin. It is important for us that this will be the year of the next Yushkin Readings. We hope to conduct them as usual.

**Chief Editor of «*Vestnik of Geosciences*»
Academician A. M. Askhabov**



Академик Н. П. Юшкин с докторантами. Музей им. А. А. Чернова ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2005 г.

Academician N. P. Yushkin with doctoral students. A. A. Chernov Museum at the Institute of geology, Komi SC UB RAS. 2005



Полевые исследования. Пай-Хой, 2004 г.
Fieldworks. Pay-Khoy, 2004



Байгаринский человек эпохи мезолита: минералого-геохимические исследования, палеоэкологические реконструкции и история ранних миграций человека на территорию Западной Сибири

В. И. Силаев¹, П. А. Косинцев², В. Н. Филиппов¹, Д. В. Киселёва³,
И. В. Смолева¹, Н. Г. Солошенко³, Т. Г. Окунева³, Н. В. Чередниченко³,
Е. М. Тропников¹, А. Ф. Хазов¹

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

² Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

³ Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург

Впервые обнаруженная на территории Западной Сибири кость человека современного физического типа эпохи мезолита комплексно исследована минералого-геохимическими методами. На основании полученных данных предлагаются решения задач палеоэкологии, пищевых рационов, истории миграций людей в неоплейстоцене – голоцене на территорию Сибири.

Ключевые слова: байгаринский человек, мезолит, Западная Сибирь, минералого-геохимические свойства ископаемой кости, палеоэкологические и исторические реконструкции.

The mesolithic Baigara human: mineralogical-geochemical studies, paleoecological reconstructions and history of early human migrations to Western Siberia

V. I. Silaev¹, P. A. Kosintsev², V. N. Filippov¹, D. V. Kiseleva³, I. V. Smoleva¹,
N. G. Soloshenko³, T. G. Okuneva³, N. V. Cherednichenko³,
E. M. Tropnikov¹, A. F. Khazov¹

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

²Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Yekaterinburg

³Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg

A modern human bone of the Mesolithic age, found for the first time in Western Siberia, was studied by the number of mineralogical-geochemical methods. Based on the results obtained, the conclusions about paleoecology, food types, and history of human migrations in the Late Pleistocene – Holocene in Siberia presented.

Keywords: Baigara human, Mesolithic, Western Siberia, mineralogical-geochemical properties of bone, paleoecological and historical reconstructions.

Посвящается светлой памяти академика Н. П. ЮШКИНА, основоположника археоминералогии — нового мультидисциплинарного научного направления

Введение

В сентябре 2000 г. на современном бечевнике вдоль р. Иртыш палеонтологом-любителем В. А. Курдиным была собрана коллекция 2824 костных остатков млекопитающих с «плейстоценовой степенью» фоссилизации, отнесенная на этом основании к единому неоплейстоценовому ориктоценозу [18, 44]. Ранее предполагалось, что эта коллекция была собрана в районе пос. Байгара (Тобольский район Тюменской области), но позднее выяснилось, что в нее вошли кости с гораздо большего участка — от поселка Епанчина (58° 05' с. ш., 68° 43' в. д.) до поселка Еланская (57° 57' с. ш.,

70° 22' в. д.). В составе коллекции были диагностированы остатки среднеплейстоценовых видов — шерстистого мамонта раннего типа (*Mammuthus primigenius* ssp.), крупной лошади (*Equus* ex gr. *mosbachensis-germanicus*), широколобого лося (*Cervalces latifrons*); среднеплейстоценовых видов — волка (*Canis lupus*), медведя бурого (*Ursus arctos*), носорога шерстистого (*Coelodonta antiquitatis*), бизона (*Bison priscus*), оленя благородного (*Cervus elaphus*), оленя гигантского (*Megaloceros giganteus*), оленя северного (*Rangifer tarandus*), овцебыка (*Ovibos moshatatus*), бобра речного (*Castor fiber*), сайги (*Saiga tatarica*); позднеплейсто-

Для цитирования: Силаев В. И., Косинцев П. А., Филиппов В. Н., Киселёва Д. В., Смолева И. В., Солошенко Н. Г., Окунева Т. Г., Чередниченко Н. В., Тропников Е. М., Хазов А. Ф. Байгаринский человек эпохи мезолита: минералого-геохимические исследования, палеоэкологические реконструкции и история ранних миграций человека на территорию Западной Сибири // Вестник геонаук. 2021. 5(317). С. 5–26. DOI: 10.19110/geov.2021.5.1.

For citation: Silaev V. I., Kosintsev P. A., Filippov V. N., Kiseleva D. V., Smoleva I. V., Soloshenko N. G., Okuneva T. G., Cherednichenko N. V., Tropnikov E. M., Khazov A. F. The mesolithic baigara human: mineralogical-geochemical studies, paleoecological reconstructions and history of early human migrations to Western Siberia. Vestnik of Geosciences, 2021, 5(317), pp. 5–26, doi: 10.19110/geov.2021.5.1.

ценовых видов — поздней формы шерстистого мамонта, лошади (*Equus ferus*), лося (*Alces alces*). Преобладающими по частоте встречаемости оказались кости поздних видов (61 %), на втором месте — виды, датирующиеся широким хронологическим диапазоном — от среднего до позднего неоплейстоцена (37 %). Среднеплейстоценовые виды были представлены редкими костями (2 %).

В ходе палеонтологических исследований в составе выявленного неоплейстоценового ориктоценоза была обнаружена человеческая левая таранная кость (*os talus*) размером 6 × 5 см — коричневатого цвета, с частично разрушенными шейкой и головкой вследствие погрызов крупными хищниками. По данным размерно-морфологического анализа, проведенного антропологом Д. И. Ражевым, эта кость с большой вероятностью принадлежала человеку современного физического типа, который был высокорослым мужчиной 20–50 лет (рис. 1).

Байгаринская кость была неоднократно датирована радиоуглеродным (^{14}C) методом (ускорительная масс-спектрометрия) в Университете Аризоны, г. Тусон (США), Университете Мангейма (Германия) и Центре

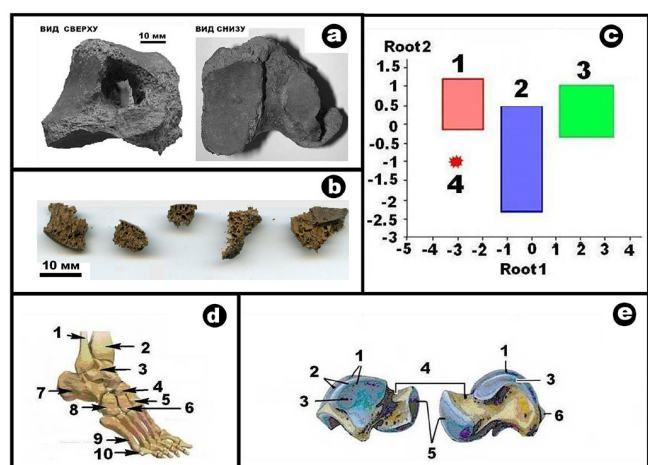


Рис. 1. Объект исследований: а — байгаринская кость; б — использованный в исследованиях материал; в — результаты математического анализа размеров таранных костей людей (1 — люди современного типа, средний палеолит, 2 — люди современного типа, поздний палеолит, 3 — неандертальцы, 4 — байгаринский человек); д — схема строения ноги (кости: 1 — малоберцовая, 2 — большеберцовая, 3 — таранная, 4 — ладьевидная, 5 — клиновидная, 6 — латеральная, 7 — пяточная, 8 — кубовидная, 9 — плюсневая, 10 — фаланги); е — схема строения таранной кости (1 — тело, 2 — область сочленения с большеберцовой костью, 3 — место прилегания лодыжки, 4 — шейка, 5 — головка, 6 — задний отросток)

Fig. 1. Research object: а — Baigara bone; б — material used in the research; в — the results of a mathematical analysis of the size of the human talus (1 — modern humans, Middle Paleolithic, 2 — modern humans, Late Paleolithic, 3 — Neanderthals, 4 — Baigara human); д — a diagram of the structure of the leg (bones: 1 — peroneal, 2 — tibial, 3 — talus, 4 — scaphoid, 5 — wedge-shaped, 6 — lateral, 7 — calcaneal, 8 — cuboid, 9 — metatarsal, 10 — phalanges); е — diagram of the structure of the talus (1 — body, 2 — the area of articulation with the tibia, 3 — the place of the ankle, 4 — the neck, 5 — the head, 6 — the posterior process)



Рис. 2. Местонахождение байгаринской кости (1) и сопоставимые местонахождения костей людей эпохи мезолита в Западной и Северной Европе: 2 — Веретье; 3 — Сербия; 4 — Румыния; 5 — Скейтхолм; 6 — Дания; 7 — Абри-Пато, Франция; 8 — Лас-Пальмас, Канарские острова; 9 — местонахождение чеддырского человека, Южная Англия; 10 — Шотландия

Fig. 2. Location of the Baigara bone (1) and comparable locations of the bones of people of the Mesolithic era in Western and Northern Europe: 2 — Veret'e; 3 — Serbia; 4 — Romania; 5 — Skateholm; 6 — Denmark; 7 — Abri-Pataund, France; 8 — Las Palmas, Canary Island; 9 — location of the Cheddar man, southern England; 10 — Scotland

изотопных исследований при Гронингском университете (Нидерланды). Полученные данные практически совпали, определив геологический возраст кости как 10440–10300 радиоуглеродных календарных лет назад [9, 10], что совпадает с раннебореальным потеплением (бореал-1 — BO-1).

В настоящее время находка байгаринской кости является первым и пока единственным фактом пребывания на территории Западной Сибири людей эпохи мезолита (рис. 2), что предопределяет актуальность и даже первостепенное научное значение результатов ее комплексных минералого-геохимических и изотопно-геохимических исследований [21].

Объекты и методы исследований

Непосредственным объектом наших исследований послужил фрагмент байгаринской кости весом около 6 г (рис. 1, б). В ходе исследований применялся широкий комплекс современных аналитических методов, хорошо зарекомендовавший себя в приложении ко многим палеонтологическим и археологическим объектам. В упомянутый комплекс вошли: оптическая и аналитическая сканирующая электронная микроскопия (JSM-6400 Jeol); термический анализ (DTG-60A/60 AH, Shimadzu); рентгеновая дифрактометрия (XRD-6000, Shimadzu); рентгенофлуоресцентный анализ (XRD-1800, Shimadzu); определение нанопористости по кинетике адсорбции/десорбции азота (Nova 1200e, Quantachrome Instruments); опре-



деление содержания микроэлементов методом ИСП-МС (NexION 300S Perkin Elmer); инфракрасная спектроскопия (ФТ-2 Инфралюм); анализ элементного состава коллагена методом газовой хроматографии (EA 1110 CHNS-O CE Instruments, Италия); масс-спектрометрический анализ изотопного состава стронция (МК-ИСП-МС Neptune Plus) и неодима (ТИМС Triton Plus); масс-спектрометрический анализ изотопного состава С, О в биоapatите и С, N в костном коллагене (Delta V. Advantage с аналитическим процессором Thermo Fisher Scientific).

Полученные экспериментальные данные сопоставлялись с аналогичными результатами исследований кости палеолитического усть-ишимского человека [23], костного детрита людей бронзового века с территории Усть-Полуйского святилища-городища [22], ископаемой бедренной кости средневекового (XII—XIV вв.) тоболо-иртышского тюрка из погребения на территории Красноярского археологического комплекса* и пяточной кости современного человека.

Микростроение и нанопористость

Внутреннее строение байгаринской кости исследовалось с использованием оптической и атомно-силовой микроскопии.

Под оптическим микроскопом (рис. 3) обнаруживается хорошо сохранившаяся слоисто-концентриче-

ская структура, свойственная таранным и пяточным костям. Костный биоapatит в поляризованном свете проявляет типичные для карбонатапатита интерференционные окраски, значительных следов выщелачивания и коллофанизации апатита не наблюдается. В целом по оптическим свойствам байгаринская кость мало отличается от близкой по строению пяточной кости современного человека (мужчина 35 лет) за исключением признаков локального оксигидроксидного ожелезнения, наблюдающегося в байгаринской кости в виде бурых пятен.

В режиме атомно-силовой микроскопии (АСМ) также выявляется хорошая сохранность наномикроструктуры, в принципе похожей на таковую в пяточной кости современного человека (рис. 4). Однако математический анализ АСМ-изображений показал, что доля наномикроразмерных интерстиций в байгаринской кости почти в 1.5 раза ниже, чем в сопоставимой по микроструктуре пяточной кости современного человека (рис. 5). Это явно указывает на вторичную измененность байгаринской кости, очевидно вследствие бактериального выедания и окислительного выгорания костного коллагена в ходе фоссилизации. Показательно, что в гораздо более древней кости палеолитического усть-ишимского человека [23] этот процесс проявился в еще большей степени.

Результаты анализа нанопористости (табл. 1) приводят к следующим выводам.

По всей совокупности нанопор. Удельная поверхность и общий объем нанопор минимален в со-

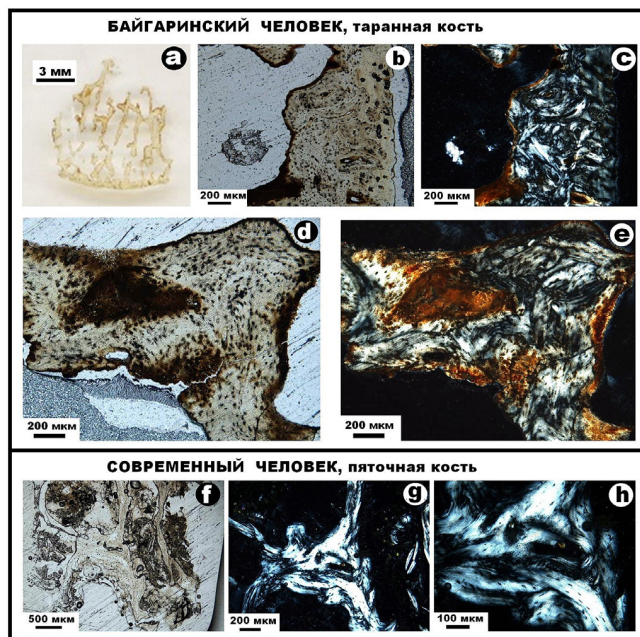


Рис. 3. Сравнение оптических свойств таранной кости байгаринского человека и современной пяточной кости: а — изображение шлифа; b, d, f — в режиме параллельных николей; c, e, g, h — в режиме скрещенных николей

Fig. 3. Optical properties of the talus of the Baigara human in comparison with modern heel bone: a — image of a thin section; b, d, f — in parallel nicols; c, e, g, h — in crossed nicols

* Погребение IX—XVII веков на месте столицы Кызыл-Тура средневекового Сибирского ханства, образованного мигрантами-кочевниками из Центральной Азии [17]. Материал для исследований был предоставлен С. М. Слепченко.

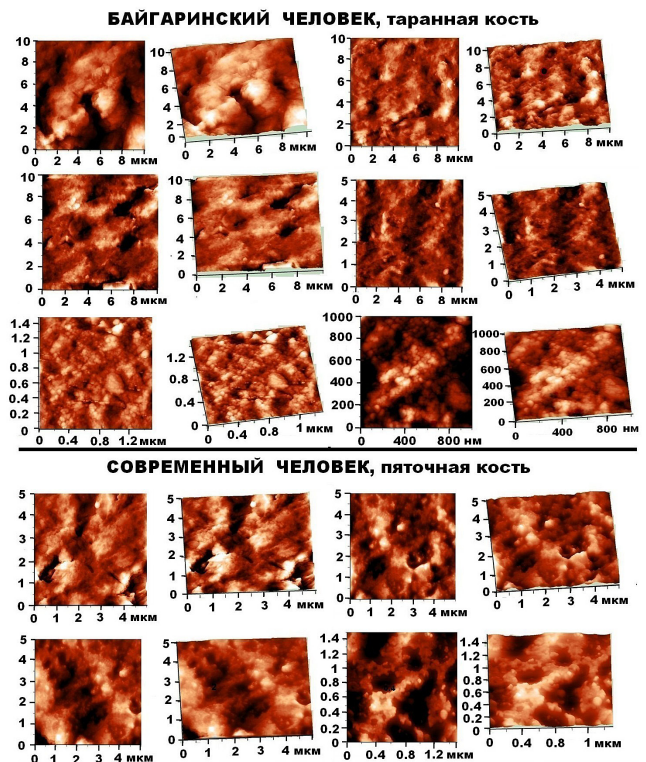


Рис. 4. АСМ-изображения байгаринской кости и пяточной кости современного человека. Участки микро-рельефа: светлые — выпуклости, темные — впадины и интерстиции.

Fig. 4. AFM images of the Baigara bone and heel bone of the modern man. Areas of micro-relief: light — convexes, dark — depressions and interstices

БАЙГАРИНСКИЙ ЧЕЛОВЕК, таранная кость
 % интерстиций 36 ± 10 (28 %)

СОВРЕМЕННЫЙ ЧЕЛОВЕК, пяточная кость
 % интерстиций 53 ± 5 (9 %)


Рис. 5. Результаты математического анализа АСМ-изображений байгаринской кости и пяточной кости современного человека. Участки микрорельефа: светлые — выпуклости, темные — впадины и интерстиции

Fig. 5. Results of mathematical analysis of AFM images of the Baigara bone and heel bone of modern man. Microrelief areas: light — convexes, dark — depressions and interstices

временной кости. В ископаемых костях эти параметры многократно возрастают, достигая аномально высокого значения в кости средневекового тоболо-иртышского тюрка. Средний размер пор изменяется волнообразно — в направлении от современной кости к костям тоболо-иртышского тюрка и байгаринского человека он увеличивается соответственно на 9 и 20 %, а в кости палеолитического усть-ишимского человека сокращается относительно современной кости на 23 %. Объем единичной нанопоры тоже изменяется волно-

образно, возрастая относительно современной кости в костях тоболо-иртышского тюрка и байгаринского человека соответственно на 31 и 75 %, но сокращаясь в кости усть-ишимского человека на 54 %. Условное количество нанопор в логарифмических единицах относительно современной кости увеличивается в костях тоболо-иртышского тюрка и байгаринского человека соответственно на 27 и 1.5 %, а в кости усть-ишимского человека снижается на 25 %.

Отдельно по мезонанопорам (5–50 нм).

Совокупный объем мезонанопор минимален в современной кости, многократно возрастая в ископаемых костях и достигая аномально высокого значения в кости тоболо-иртышского тюрка. Средний размер мезонанопор минимален также в современной кости, возрастая в ископаемых костях на 38–56 % и достигая максимума в байгаринской кости. Объем единичной поры также минимален в современной кости, увеличиваясь в ископаемых костях на 165–280 % с максимумом в байгаринской кости. Условное количество таких пор минимально в современной кости и возрастает в ископаемых костях на 4–19 %, достигая максимума в кости тоболо-иртышского тюрка.

Отдельно по микронанопорам (< 5 нм).

Удельная поверхность и совокупный объем микронанопор минимален в современной кости, многократно возрастает в ископаемых костях, достигая максимума в кости тоболо-иртышского тюрка. Средний размер таких пор изменяется волнообразно, увеличиваясь в костях тоболо-иртышского тюрка и байгаринского человека относительно современной кости соответственно на 9 и 20 %, но снижаясь в кости усть-ишимского человека на 23 %. Объем единичной микронанопоры в ряду рассматриваемых объектов тоже изменяется волнообразно. В направлении от современной кости к костям тоболо-иртышского тюрка и байгаринского человека он возрастает соответственно на 31 и 75 %, а в кости усть-ишимского человека уменьшается

Таблица 1. Параметры нанопористости в исследованных современных и ископаемых костях людей
Table 1. Parameters of nanoporosity in the studied modern and fossil human bones

Параметры Parameters	Масштаб Scale	Современный человек Modern man	Тоболо-иртышский тюрк Tobol-Irtysh Turk	Байгаринский человек Baigara human	Усть-ишимский человек Ust-ishim man
S_0	обобщенно generally	1.16	21.302	4.65	8.893
V_0		1.5	29.2	7.0	8.6
R_0		2.509	2.745	3.022	1.94
V_{0i}		66.18	86.66	115.64	30.59
$\lg N_0$		4.36	5.53	4.42	5.44
V_0	мезонано- пористость mesonano- porosity	1.0	23	6.1	5.0
R_0		1.623	2.274	2.53	2.242
V_{0i}		17.91	49.24	67.85	47.22
$\lg N_0$		4.75	5.67	5.02	4.95
V_0	микронано- пористость micronano- porosity	5.0	12	2.0	5.0
R_0		1.11	0.87	0.96	0.96
V_{0i}		5.73	2.76	3.71	3.71
$\lg N_0$		4.75	6.64	5.73	6.13
$V_{\text{мезо}}/V_{\text{микро}}$		0.90	26.44	6.35	5.2

Примечание. S_0 — удельная поверхность всех нанопор, $\text{m}^2/\text{г}$; R_0 — средний размер нанопор, nm ; V_0 — удельно-совокупный объем нанопор, $\text{mm}^3/\text{г}$; V_{0i} — усредненный объем единичной нанопоры ($4.19R_0, \text{nm}^3$); $\lg N_0$ — логарифм условного числа нанопор; $V_{\text{мезо}}/V_{\text{микро}}$ — отношение удельно-совокупных объемов мезо- и микронанопор.

Note. S_0 — specific surface area of all nanopores, m^2/g ; R_0 — average nanopore size, nm ; V_0 — specific total volume of nanopores, mm^3/g ; V_{0i} is the average volume of a single nanopore ($4.19R_0, \text{nm}^3$); $\lg N_0$ is the logarithm of the conventional number of nanopores; $V_{\text{meso}}/V_{\text{micro}}$ — the ratio of the specific-cumulative volumes of meso- and micro-nanopores.



на 54 %. Условное количество пор в костях тоболо-иртышского тюрка и байгаринского человека относительно современной кости увеличивается соответственно на 27 и 1.5 %, но уменьшается в кости устьишимского человека на 25 %.

Полученные данные выявляют отчетливые закономерности. В масштабе суммарной нанопористости современная кость характеризуется минимальными значениями по всем параметрам — удельной поверхности, совокупному объему, среднему размеру нанопор, объему единичной нанопоры и условному их количеству. При переходе к ископаемым костям средневекового тоболо-иртышского тюрка и мезолитического байгаринского человека наблюдается рост по всем параметрам, но в случае палеолитической устьишимской кости по большинству параметров обнаруживается снижение. В части мезонанометровых пор современная кость тоже характеризуется минимальными значениями по всем параметрам. В ископаемых же костях наблюдается значительный рост параметров с максимумом в кости байгаринского человека. В части микронанометровых пор регистрируется неоднородная картина. Современная кость по среднему размеру и объему единичной поры достигает максимальных значений, а по совокупному объему и условному количеству пор показывает умеренно высокие значения. Ископаемые кости по совокупному объему и условному количеству пор сопоставимы с современной костью, а по среднему размеру и объему единичной поры демонстрируют в сравнении с ней сокращение. По пропорции между мезо- и микронанопористостью современная и ископаемые кости тоже существенно различаются. В современной кости эта пропорция близка к единице, а в ископаемых костях она резко сдвигается в сторону мезонанометровых пор, особенно в кости средневекового тоболо-иртышского тюрка.

Таким образом, в хронологическом ряду исследованных человеческих костей выявляется вполне упорядоченный по характеру и степени изменения нанометровой пористости тренд. В направлении от современной человеческой кости к ископаемым костям средневекового и мезолитического возраста наблюдается явная тенденция к увеличению нанопористости практически по всем параметрам в сочетании с некоторой ее деградацией, выражающейся резким увеличением доли мезонанометровых пор. При переходе к палеолитической устьишимской кости эта тенденция в части некоторых параметров меняется на противоположную. Выявленный феномен изменения нанопористости можно объяснить постепенной потерей ископаемыми костями органической компоненты вследствие ее окисления и бактериального выедания, что сначала ведет к росту нанопористости, особенно в части мезопор, а затем к уплотнению кости, возможно из-за наложенных микроминерализаций.

На генеральной диаграмме изменения нанопористости ископаемых костей (рис. 6) видно, что исследуемые объекты вполне коррелируются с общей тенденцией изменения нанопористости костей при фоссилизации. Но при этом устанавливается, что упомянутая тенденция не является строго хронологической. Например, более молодые кости из захоронений в Средней Сибири показывают в отношении нанопор-

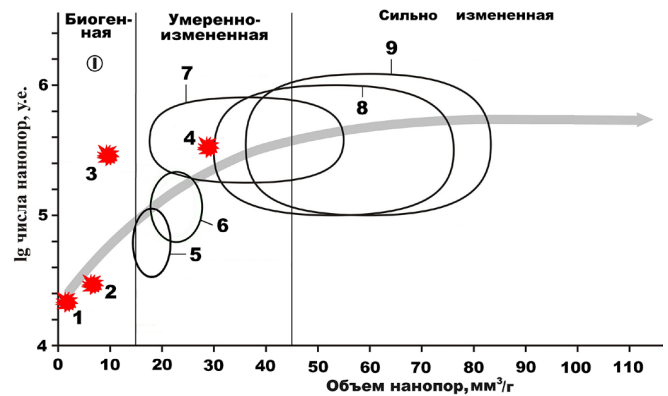


Рис. 6. Вариации нанопористости в современных и ископаемых костях: 1 — современный человек; 2 — байгаринский человек, мезолит; 3 — устьишимский человек, палеолит; 4 — тоболо-иртышский тюрк, средневековье; 5–8 — костные останки из могильников Средней Сибири (Нефтепровод-1, 2; Рябчиков Ключ; Северное Приангарье), неолит-средневековье (коллекция С. М. Слеченко); 9 — Усть-Полуй, бронзовый — железный века [22]

Fig. 6. Variations in nanoporosity in modern and fossil bones: 1 — modern man; 2 — Baigara human, Mesolithic; 3 — Ust-Ishim man, Paleolithic; 4 — Tobol-Irtysch Turk, Middle Ages; 5–8 — bone remains from burial grounds of Central Siberia (Nefteprovod-1, 2; Ryabchikov Klyuch; Northern Angara Basin), Neolithic-Middle Ages (collection of S. M. Slepchenko); 9 — Ust-Poluy, Bronze–Iron Age [22]

ристости большую степень деградации, что, вероятно, указывает на зависимость процесса деградации костно-органических композитов не только от длительности, но и от условий фоссилизации.

Химический и нормативно-минеральный состав

Валовый химический состав байгаринской кости был определен по двум в разной степени измененным участкам (мас. %): SiO_2 — 36.48–53.31; TiO_2 — 0.35–0.49; Al_2O_3 — 6.8–7.99; Fe_2O_3 — 4.9–5.12; MnO — 0.52–0.61; MgO — 1.2–1.38; CaO — 17.08–28.29; Na_2O — 0.52–0.74; K_2O — 1.03–1.71; P_2O_5 — 11.16–18.69; SO_3 — 0.72–0.91. Судя по представленным данным, исследуемая кость характеризуется высокой степенью иллювирувания терригенным материалом вмещающих отложений. Пересчет данных о химическом составе на нормативно-минеральный состав показывает, что содержание собственно биоапатита в исследуемой кости варьируется в диапазоне от 28 до 47 мол. %. В состав минеральных загрязнений входят (мол. %): кварц — 25.14–40.41; альбит — 5.09–7.18; слюда — 9.28–15.32; хлориты — 7.09–13.94; оксигидроксиды железа — 0–2.21. Из этого следует, что первоначальным местом захоронения байгаринской кости были вовсе не русловые и пойменные речные пески, как, например, в случае могильников бронзового века на территории Усть-Полуйского святилища-городища и захоронений в верховьях р. Енисей, а глинистые пески, характерные для речных террас или приозерных низин (рис. 7).

Следует отметить, что кость устьишимского человека по составу минеральных загрязнений и вероятным условиям первоначального захоронения ока-

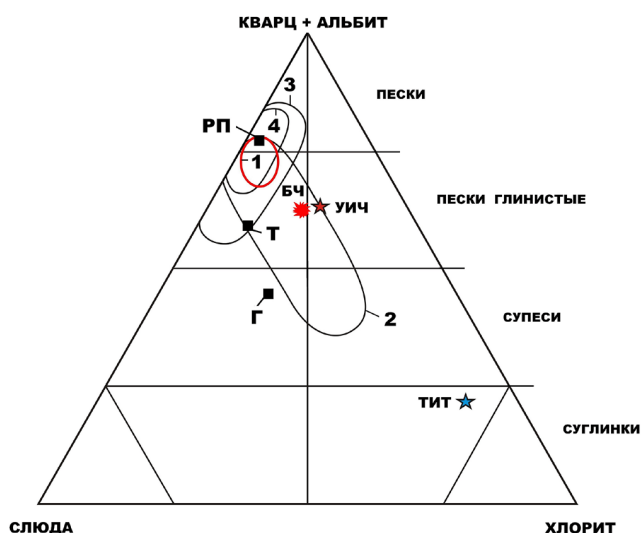


Рис. 7. Вариации нормативно-минерального состава иллювирующей терригенной примеси в человеческом костном детрите. Поля: 1 — Усть-Полуйский археологический памятник; 2 — Северное Приангарье; 3 — верховье Енисея, район местонахождений Нефтепровод-I; 4 — верховье Енисея, район местонахождений Нефтепровод-II и Рябчиков ключ. Звездочки: ТИТ — средневековый тоболо-иртышский тюрк; БЧ — байгарский человек; УИЧ — усть-ишимский человек. Средний состав терригенных осадков: РП — речные пески, Т — тиллиты, Г — песчано-глинистые отложения

Fig. 7. Variations in the normative-mineral composition of the illuviated terrigenous admixture in human bone detritus. Fields: 1 — Ust-Poluy archaeological site; 2 — Northern Angara Basin; 3 — Upper Yenisey, area of the Nefteprovod-I location; 4 — Upper Yenisey, the area of the Nefteprovod-II location and Ryabchikov Klyuch locations. Asterisks: ТИТ — medieval Tobol-Irtysh Turk; БЧ — Baigara human; УИЧ — Ust-Ishim man. Average compositions of terrigenous sediments: РП — river sands, Т — tillites, Г — sandy-argillaceous deposits

залась почти тождественной байгаринской кости. А вот кость тоболо-иртышского тюрка по составу загрязнений отвечает захоронению в гораздо более глинистых грунтах — суглинках кварц-слюдисто-хлоритового состава, что вполне соответствует условиям Красноярского археологического комплекса. Таким образом, нормативно-минеральный состав иллювируемых в кости минеральных загрязнений является эффективным индикатором обстановок первичного захоронения ископаемых костей.

Микроэлементы

В составе байгаринской кости выявлены 52 микроэлемента, в том числе 13 элементов-эссенциалов, 18 физиологически-активных и 21 элемент-антибионт. Подавляющая часть элементов-примесей находится в сильно избыточных (на порядок и более) относительно биокларков концентрациях, дефицитными являются только несколько элементов — сильные эссенциалов, а именно Be, Rb, Cd, Se. По пропорции между элементами-эссенциалами, унаследованными от живой кости, и элементами-антибионтами, нака-

пливающимися в ходе фоссилизации, байгаринская кость многократно уступает не только кости современного человека, но и кости средневекового тоболо-иртышского тюрка. Однако отношение ксеногенной меди к эссенциальному цинку в байгаринской кости находится на уровне современной кости, что свидетельствует о хорошей сохранности органической компоненты.

По совокупной концентрации микроэлементов (рис. 8) байгаринская кость значительно превосходит не только пяточную кость современного человека, но и бедренную кость средневекового тоболо-иртышского тюрка, сближаясь по этому признаку с ископаемыми костями людей бронзового века (Усть-Полуйское святилище-городище). В целом полученный тренд суммарной концентрации микроэлементов соответствует именно хронологической последовательности в направлении от современной кости до мезолитической. Единственным исключением из этой закономерности является кость усть-ишимского человека, в отношении которой, однако, есть предположение о специфических условиях первоначального захоронения [23].

Особое значение для оценки степени фоссилизации ископаемых костей имеют лантаноиды, которые эпигенетически обогащают кости вследствие ионообменных процессов в среде захоронения. В случае байгаринской кости суммарная концентрация лантаноидов (34.198 г/т) многократно превышает их содержа-

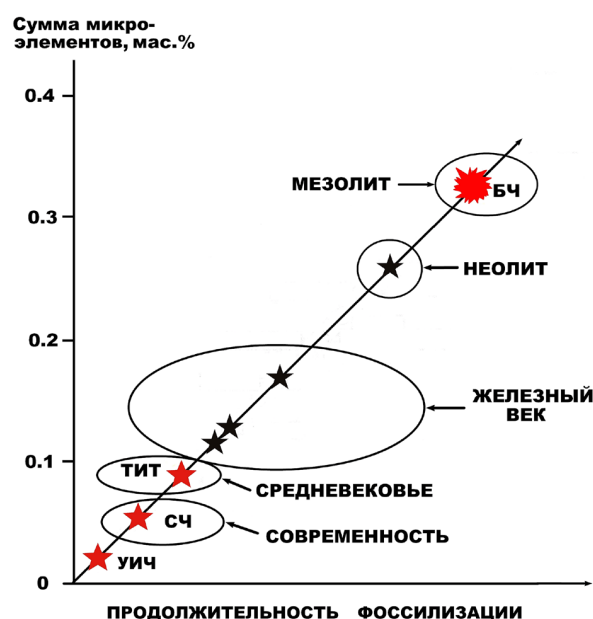


Рис. 8. Суммарная концентрация микроэлементов в современной и ископаемых костях: СЧ — современный человек, ТИТ — тоболо-иртышский тюрк, БЧ — байгаринский человек, УИЧ — усть-ишимский человек. Черные звезды — кости из могильников в верховьях р. Енисей и в Северном Приангарье (коллекция С. М. Слепченко)

Fig. 8. The total concentration of microelements in modern and fossil bones: СЧ — modern man, ТИТ — Tobol-Irtysh Turk, БЧ — Baigara human, УИЧ — Ust-Ishim man. Black asterisks — bones from burial grounds in the upper reaches of the Yenisey river and in the Northern Angara Basin (collection of S. M. Slepchenko)



Таблица 2. Содержание микроэлементов в ископаемых костях, г/т

Table 2. The content of trace elements in fossil bones, ppm

Элементы Element	Байгаринский человек Baigara human	Усть-ишимский человек Ust-Ishim man	Тоболо-иртышский тюрок Tobol-Irtysh Turk	Современный человек Modern man
Li	1.592	0.062	1.732	0.165
Be	0.232	0.003	0.01	0
As	8.469	0.113	0.067	0.216
Se	0.611	0.321	0.274	0
Rb	4.942	0.288	1.47	0
Mo	1.115	0	0.041	0
Ag	0.064	0.086	0.8	0.597
Cd	1.612	0.014	2.4	1.612
Pb	3.339	5.283	0.056	7.097
Bi	0.047	0	1	0.21
Th	1.537	0	0	0.023
Zn	276.137	45.035	1.282	293.219
S	50.407	36.301	348.672	0
Сумма элементов- эссенциалов The sum of the elements- essentials	350.104	87.506	357.804	303.139
Ti	53.582	7.26	24.453	0
V	13.844	0.193	5.287	1.013
Cr	0	0.281	0.005	4.047
Mn	2063.493	12.348	0.237	58.027
Fe	0	0	0	141.182
Co	12.739	0.462	0.161	1.275
Ni	16.774	10.506	0.586	94.662
Cu	13.73	6.067	0.055	13.903
Ga	1.511	0.528	2.585	0
Sr	313.389	63.416	373.441	8.233
Y	8.24	0.059	0.713	0.034
Zr	6.946	0.366	0.658	1.544
Sn	0.197	0.043	0.006	0
Sb	0.169	0.07	0.019	0
Cs	0.447	0	0.011	0
Ba	512.956	4.43	140.514	4.762
Hf	0.153	0	0	0.034
U	6.234	0.012	0.055	0.009
Сумма элементов физиоактивных Sum of physioactive elements	3024.404	106.041	548.786	328.725
B	4.313	1.213	4.962	12.505
Sc	0	0.072	0.529	0.069
Ge	0.036	0.005	0.03	0
Nb	0.194	0	0	0.028
Te	0.017	0	0	0
La	6.592	0.059	1.085	0.079
Ce	15.499	0.096	0.618	0.112
Pr	1.435	0.009	0.135	0.025
Nd	5.224	0.025	0.563	0.501
Sm	1.044	0.006	0.091	0.013
Eu	0.265	0.002	0.054	0
Gd	1.219	0.008	0.019	0
Tb	0.18	0.001	0.02	0
Dy	1.004	0.01	0.09	0.04
Ho	0.238	0.001	0.017	0
Er	0.669	0.001	0.052	0
Tm	0.102	0.001	0.032	0
Yb	0.616	0.002	0.046	0.065
Lu	0.111	0.001	0.005	0
Ta	0	0	0.014	0.23
W	0.259	0	0.012	0
Tl	0.017	0	0	0
Сумма элементов- антибионтов The sum of antibiotic elements	39.034	1.152	8.374	13.667
Итого / Total	3413.542	194.699	914.964	645.531
Э/АВ E/AB	8.97	75.96	42.73	22.18
Cu/Zn	0.05	0.13	0.04	0.05

ние как в кости современного человека, так и в кости средневекового турка. Это хорошо видно на графике концентраций, нормированных на соответствующие кларки земной коры (рис. 9). Примечательно также, что кривая значений кларков концентрации лантаноидов в исследованных костях имеет субгоризонтальное простираение, что свидетельствует об источнике обогащающих кости редких земель именно в грунтах среды захоронения.

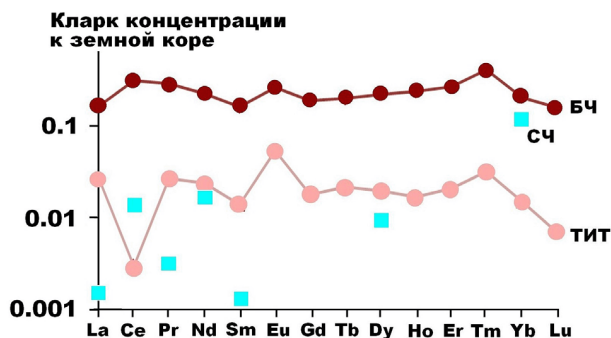


Рис. 9. Кларки концентрации лантаноидов в костях байгаринского человека (БЧ) и тоболо-иртышского турка (ТИТ). СЧ — данные по кости современного человека

Fig. 9. Clarke of concentration of lanthanides in the bones of the Baigara human (БЧ) and Tobol-Irtysh Turk (ТИТ). СЧ — modern human bone data

Минерально-фазовый состав

Биоапатит в исследуемой кости обладает степенью кристалличности, характерной для умеренно фоссилизированных ископаемых костей. На рентгеновской дифрактограмме (рис. 10) наблюдаются главные для биоапатита отражения (\AA , в скобках индексы

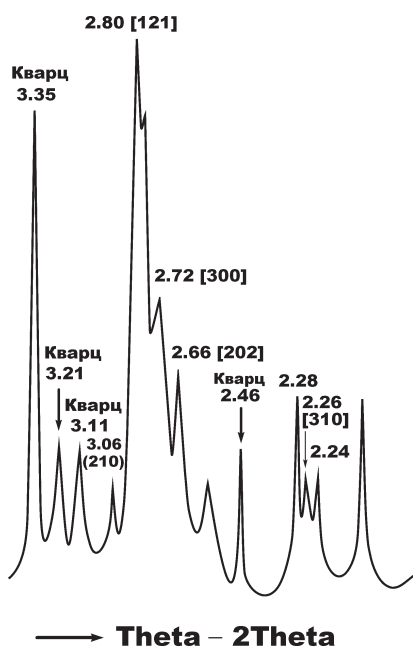


Рис. 10. Рентгеновская дифрактограмма биоапатита в байгаринской кости

Fig. 10. X-ray diffraction pattern of bioapatite in the Baigara bone

Миллера): 3.05—3.09 (210), 2.78—2.8 (121), 2.25—2.27 (310). Указанием на фоссилизацию кости служит расщепление основного пика (121) с появлением дополнительных пиков малой интенсивности. Отношение суммы интенсивностей этих пиков к интенсивности основного пика $(I_{300} + I_{202}) / I_{121}$ используется нами в качестве рентгеновского критерия (коэффициента) степени кристалличности биоапатита. Значение такого коэффициента в «живых» костях равно нулю. В случае байгаринской кости оно составляет 0.18—0.22, что в 1.5—2 раза уступает соответствующим значениям для ископаемых костей неоплейстоценового (палеолит) возраста. Параметры элементарной ячейки исследуемого биоапатита оцениваются как (нм): $a_0 = 0.9383$; $c_0 = 0.6892$, что соответствует карбонатапатиту. Вхождение в его структуру углерода подтверждено результатами ИК-спектроскопии — выявлены полосы поглощения при 873, 1419, 1453, 1517, 1643 см^{-1} , отвечающие биоапатиту В-типа.

Исследование микростроения и минерального состава байгаринской кости было осуществлено методом аналитической СЭМ. Проведенные исследования выявили хорошую сохранность трабекулярной микроструктуры (рис. 11, а), но при этом широкие вариации состава биоапатита как в катионной, так и анионной подрешетках (табл. 3), что указывает на изменения биоапатита в ходе фоссилизации. Брутто-формула исследованного органического минерала: $(\text{Ca}_{9.83-10} \text{Mn}_{0-0.16})[\text{P}_{4.88-5.55} \text{S}_{0-0.33} \text{C}_{0.34-1.05} \text{O}_{24}](\text{OH})_{0.95-1.85}$. Выявленные примеси марганца и серы — прямые признаки фоссилизации. Атомное отношение Ca/P варьируется в пределах 1.8—2.02, составляя в среднем 1.93 ± 0.07 , что почти совпадает с аналогичным показателем для исследованной нами пяточной кости современного человека (1.87—1.99). Из этого следует, что в части углеродистости биоапатита байгаринская кость хорошо сохранилась.

В тесном микропарагенезисе с костным биоапатитом в байгаринской кости обнаружены кварц, диагностированный по соответствующим рентгеновским отражениям, а также карбонаты, пирит и вивианит.

Карбонаты наблюдаются в виде микрокорок образования толщиной 40—45 $\mu\text{м}$ и локальных выделений в порах биоапатита размером $(100-120) \times (25-30) \mu\text{м}$ (рис. 11, b, c). По составу (табл. 4) карбонаты относятся к необычной системе — $\text{FeCO}_3\text{-MnCO}_3\text{-CaCO}_3$, характеризующаяся брутто-формулой $(\text{Fe}_{0.56-0.64} \text{Mn}_{0.15-0.22} \text{Ca}_{0.2-0.22})[\text{CO}_3]$. Специфичность карбонатов в исследуемой кости выражается высоким содержанием примеси CaCO_3 , вообще редко встречающегося в составе родохрозит-сидеритовых изоморфных смесей.

Пирит встречается в двух формах — спорадической вкрапленности микрозерен размером от 2×3 до $8 \times 15 \mu\text{м}$ и гроздевидных скоплений величиной от 5×10 до $8 \times 12 \mu\text{м}$, состоящих из фрамбоидальных индивидов размером от 300×400 до $500 \times 600 \text{ нм}$ (рис. 11, г—з). По составу пирит в обоих случаях довольно стехиометричный — $\text{Fe}_{0.95-1} \text{S}_2$, следовательно практически неокисленный.

Вивианит тоже характеризуется поликомпонентным составом (табл. 3), но при относительно небольшом содержании примесных катионов: $(\text{Fe}_{2.82-2.93} \text{Mg}_{0-0.12} \text{Mn}_{0.04-0.05} \text{Ca}_{0.02-0.06})_3[\text{PO}_4]_2 \text{nH}_2\text{O}$. Пропорции

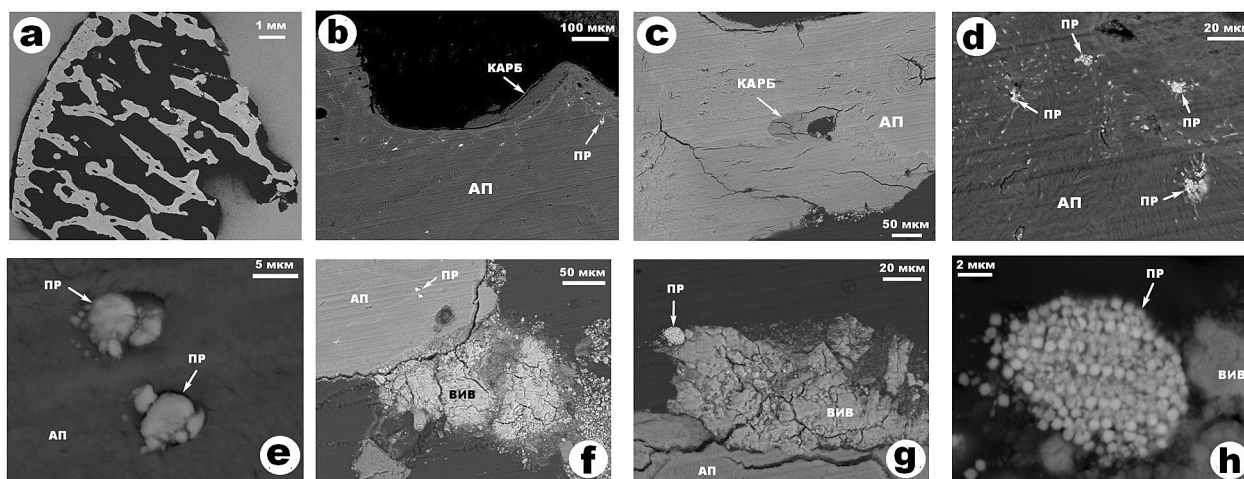


Рис. 11. Микростроение байгаринской кости (а) и эпигенетическая микроминерализация в ней (b–h): АП — биоапатит, КАРБ — Fe-Mn-Ca-карбонат, ПР — пирит, ВИБ — вивианит. СЭМ-изображения в режимах вторичных (а) и упругоотраженных (b–h) электронов

Fig. 11. Microstructure of Baigarin bone (a) and epigenetic micromineralization in it (b–h): АП — bioapatite, КАРБ — Fe-Mn-Ca carbonate, ПР — pyrite, ВИБ — vivianite. SEM images in the modes of secondary (a) and elastically-backscattered (b–h) electrons

Таблица 3. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы биоапатита (1–9) и ксеногенного вивианита (10–14) в байгаринской кости

Table 3. Chemical composition (wt.%) And empirical formulas of bioapatite (1–9) and xenogenic vivianite (10–14) in the Baigara bone

№ п/п	P ₂ O ₅	SO ₃	CaO	MnO	MgO	Fe ₂ O ₃	Формулы
1	38.76	2.25	58.99	не обн.	не обн.	не обн.	Ca ₁₀ [P _{5.18} S _{0.27} C _{0.55} O ₂₄](OH) _{1.57}
2	40.93	0.92	58.15	«	«	«	Ca ₁₀ [P _{5.55} S _{0.11} C _{0.34} O ₂₄](OH) _{1.77}
3	38.29	1.3	59.54	0.87	«	«	(Ca _{9.89} Mn _{0.11}) ₁₀ [P _{5.18} S _{0.27} C _{0.55} O ₂₄](OH) _{1.57}
4	38.67	1.33	59.31	0.69	«	«	(Ca _{9.85} Mn _{0.15}) ₁₀ [P _{5.18} S _{0.27} C _{0.55} O ₂₄](OH) _{1.57}
5	37.69	1.21	60.1	1.0	«	«	(Ca _{9.87} Mn _{0.13}) ₁₀ [P _{4.88} S _{0.14} C _{0.98} O ₂₄](OH) _{1.16}
6	38.89	2.77	57.4	0.94	«	«	(Ca _{9.87} Mn _{0.13}) ₁₀ [P _{5.28} S _{0.33} C _{0.39} O ₂₄](OH) _{1.56}
7	39.06	2.38	57.98	0.58	«	«	(Ca _{9.92} Mn _{0.08}) ₁₀ [P _{5.27} S _{0.29} C _{0.44} O ₂₄](OH) _{1.85}
8	37.85	1.43	59.52	1.2	«	«	(Ca _{9.84} Mn _{0.16}) ₁₀ [P _{4.94} S _{0.17} C _{0.89} O ₂₄](OH) _{1.28}
9	38.49	не обн.	60.94	0.57	«	«	(Ca _{9.83} Mn _{0.07}) ₁₀ [P _{4.95} C _{1.05} O ₂₄](OH) _{0.95}
10	37.73	«	0.44	0.84	1.2	59.79	(Fe _{2.82} Mg _{0.12} Mn _{0.04} Ca _{0.02}) ₃ [PO ₄] ₂ nH ₂ O
11	37.16	«	0.92	0.8	не обн.	61.12	Fe _{2.92} Mn _{0.04} Ca _{0.06}) _{3.02} [PO ₄] ₂ nH ₂ O
12	37.14	«	0.76	0.9	«	61.2	(Fe _{2.93} Mn _{0.05} Ca _{0.05}) _{3.03} [PO ₄] ₂ nH ₂ O
13	37.82	«	1.41	1.0	«	58.53	(Fe _{2.75} Mg _{0.12} Mn _{0.05} Ca _{0.09}) _{3.01} [PO ₄] ₂ nH ₂ O
14	37.34	«	1.11	0.91	«	60.64	(Fe _{2.88} Mn _{0.05} Ca _{0.08}) _{3.01} [PO ₄] ₂ nH ₂ O

Таблица 4. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы ксеногенных Fe-Mn-Ca-карбонатов в байгаринской кости

Table 4. Chemical composition (wt.%) And empirical formulas of xenogenic Fe-Mn-Ca carbonates in the Baigara bones

Компоненты / Components	1	2	3	Формулы / Formulas
CaO	21.37	17.6	15.76	(Fe _{0.59} Mn _{0.21} Ca _{0.2})[CO ₃]
MnO	20.46	21.22	14.76	(Fe _{0.56} Mn _{0.22} Ca _{0.22})[CO ₃]
Fe ₂ O ₃	58.17	61.18	69.48	(Fe _{0.64} Mn _{0.15} Ca _{0.21})[CO ₃]

между катионами — Ca:Mn:Mg:Fe — колеблются в нем в следующих пределах — 1 : (0.6–2) : (0–6) : (30–141). В качестве незначительной фазовой примеси к вивиниту выявлены гётит и единичные субмикронные частицы самородного железа и никеля.

Очевидно, что описанный состав эпигенетической минерализации свидетельствует о преимущественно восстановительных условиях fossilization байгаринской кости, вероятно в результате захоронения в гумусированной, возможно заболоченной среде, и еще о том, что ее экстумация произошла сравнительно недавно.

Костный коллаген

На кривых нагревания исследуемой кости наблюдается сильный экзотермический пик с максимумом при 302–312 °C и дополнительный пик меньшей интенсивности при 372–410 °C (рис. 12, а, б). Очевидно, что выявленные термические эффекты обусловлены выгоранием костного коллагена. Первый — более интенсивный — пик отвечает так называемому углеводно-липидному этапу термического окисления, второй — гораздо менее интенсивный — соответствует белково-аминокислотному этапу окисления. Значительное расхождение в интенсивностях пиков свидетельствует о некоторой деградации коллагена в байгаринской кости — на кривой нагревания кости современного человека оба пика по интенсивности близки. Потеря веса при нагревании колеблется по исследуемой кости в диапазоне от 8.2 до 27.62 мас. %. Это в среднем довольно близко соответствует выходу из нее коллагена (около 12 мас. %).

Выделенный из байгаринской кости коллаген характеризуется хорошо сохранившейся фибрильной текстурой и буровой окраской, более светлой, чем коллаген из большинства ископаемых костей палеолитического возраста (рис. 12, с). Относительно хорошая сохранность коллагена дала возможность определить его аминокислотный состав (мг/г): глицин (27.12) > пролин (15.34) > аланин (11.41) > глутаминовая кислота (9.94) > гидроксипролин (9.6) > аспарагиновая кислота (6.01) > серин (4.64) > лейцин (4.02) > лизин (3.61) > валин (2.71) > фенилаланин (2.48) > треонин (2.36) > изолейцин (1.07) > метионин (0.63) > тирозин (0.06). Общее содержание аминокислот составило 101 мг/г. По пропорциям между аминокислотами органическое

вещество в байгаринской кости отвечает именно костному коллагеновому белку.

По данным газовой хроматографии, элементный состав исследованного коллагена (мас. %): C = 41.38; N = 14.29; O = 44.33. Атомная пропорция C/N составляет 3.62, что находится в пределах требований к качеству коллагена, подлежащего изотопным исследованиям [27, 31].

Изотопные археологические маркеры

Последние 20–30 лет в целях палеоэкологических и палеоисторических реконструкций активно используется изотопный состав ряда химических элементов в костных остатках животных, включая человека. В число основных изотопных систем, используемых для получения новой археологической информации, входят [34, 36, 38, 53, 56, 61, 63]: радиоуглеродная ($\delta^{14}\text{C}$) и ураноториевая ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) — для геологического датирования в диапазонах соответственно до 50 и 500 тыс. л. н.; углеродная, кислородная и азотная ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{15}\text{N}$) — для палеоэкологических и палеосоциальных реконструкций, определения диет и пищевых последовательностей; неодимовая ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) — для определения мест захоронений (тафономический критерий); серы ($\delta^{34}\text{S}$) и стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) — как показателей миграций животных; кальция ($\delta^{44}\text{Ca}$) — для определения источника вещества в биоминерализациях.

Изотопный состав углерода и кислорода в биоапатите байгаринской кости определен как (‰): $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -10.89$; $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 21.33$ (погрешность ± 0.15 ‰). Судя по полученным данным, байгаринский человек проживал в относительно благоприятных условиях умеренно-теплого климата,пил воду, совпадающую по изотопии углерода с современными континентальными грунтовыми водами (рис. 13). По изотопным свойствам биоапатита байгаринская кость довольно близка к костям позднплейстоценовых и раннеголоценовых млекопитающих не только Западной Сибири, но и Западной Европы, что может указывать на сходство в этот период климатических условий среды обитания в пределах всей среднеширотной Евразии. Напротив, климатические условия обитания животных на территориях Северной Евразии, например на Европейском Северо-Востоке России, севере Западной и Средней Сибири, судя по изотопным характеристикам костного биоапатита, были менее благоприятны-

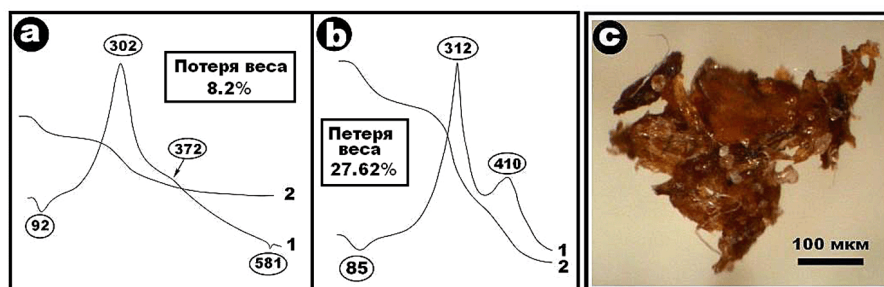


Рис. 12. Результаты термического анализа байгаринской кости (а, б; 1, 2 — кривые соответственно нагревания и потери веса) и внешний вид выделенного из кости коллагена (с)

Fig. 12. Results of thermal analysis of the Baigara bone (а, б; 1, 2 — curves of heating and weight loss, respectively) and the appearance of collagen isolated from the bone (с)

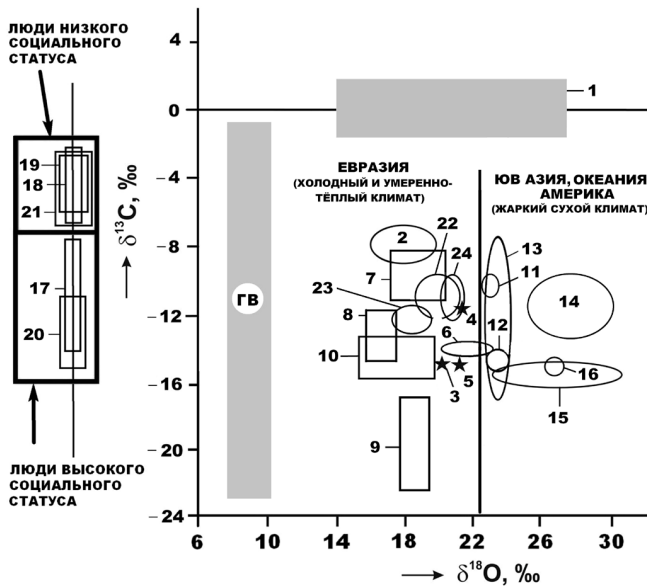


Рис. 13. Вариации изотопного состава карбонатных С, О в биоапатите ископаемых костей на фоне некоторых типов экзогенного карбонатного вещества: 1 — фанерозойские морские осадочные карбонатолиты; 2 — пресноводные карбонаты; 3 — усть-ишимский человек, палеолит [23]; 4 — байгаринский человек, мезолит; 5 — тоболо-иртышский тюрк, средневековье (данные по коллекции С. М. Слепченко); 6 — современные люди, Екатеринбург; 7, 8 — люди из погребений в Средней Сибири, неолит-средневековье, соответственно верховья Енисея и Северное Приангарье (данные по коллекции С. М. Слепченко); 9 — люди из погребений на территории Усть-Полуйского археологического памятника, бронзовый — железный века [22]; 10 — люди из курганных могильников на территории Европейского Северо-Востока, раннее средневековье [20]; 11 — люди эпохи неолита [37]; 12, 13 — люди эпох соответственно палеолита и мезо-неолита, о. Борнео [42]; 14 — люди железного века — средневековья [45]; 15, 16 — соответственно ископаемые гигантопитек и орангутан, Южный Китай [52]; 17, 18 — люди XI—XII веков соответственно высокого и низкого социальных статусов, США, шт. Иллинойс [28]; 19 — ирокезы XII—XIII веков [47]; 20, 21 — люди от V века д. н. э. до XV века н. э. соответственно высокого и низкого социальных статусов, Западная Европа [39]; 22–24 — мамонтовая фауна соответственно из Западной Сибири (коллекций А. А. Бондарева), Печорского Приуралья [60] и Западной Европы [62]. ГВ — современные грунтовые воды [26]

Fig. 13. Variations in the isotopic composition of carbonate C, O in bioapatite of fossil bones against the background of some types of exogenous carbonate matter: 1 — Phanerozoic marine sedimentary carbonatolites; 2 — freshwater carbonates; 3 — Ust-Ishim man, Paleolithic [23]; 4 — Baigara human, Mesolithic; 5 — Tobol-Irtysh Turk, the Middle Ages (data from the collection of S. M. Slepchenko); 6 — modern people, Yekaterinburg; 7, 8 — people from burials in Central Siberia, Neolithic–Middle Ages, respectively, the upper reaches of the Yenisey and the Northern Angara basin (data from the collection of S. M. Slepchenko); 9 — people from burials on the territory of the Ust-Poluy archaeological site, Bronze–Iron Age [22]; 10 — people from burial mounds in the European northeast, early Middle Ages [20]; 11 — people of the Neolithic era [37]; 12, 13 — people of the epochs of the Paleolithic and Meso-neolithic, respectively, about. Borneo island [42]; 14 — people of the Iron Age–Middle Ages [45]; 15, 16 — fossils of

gigantopithecus and orangutan, respectively, southern China [52]; 17, 18 — people of the XI–XII centuries, respectively, of high and low social status [28]; 19 — Iroquois USA Illinois of the XII–XIII centuries [47]; 20, 21 — people from the 5th century BC until the 15th century AD respectively, high and low social status, Western Europe [39]; 22–24 — mammoth fauna, respectively, from Western Siberia (collections of A. A. Bondarev), the Pechora Urals [60] and Western Europe [62]. ГВ — modern groundwater [26]

ми в широком хронологическом диапазоне — от позднего плейстоцена до раннего средневековья.

В сопоставлении с изотопными данными, полученными по биоапатиту для средневековых западных европейцев, байгаринского человека можно отнести к преимущественно плотоядным людям относительно высокого по диете социального статуса. При этом он был главным образом охотником, а не рыболовом. В противном случае кислород в его биоапатите был бы изотопно более лёгким ($< -19\%$). Обращает также на себя внимание, тот факт, что кости палеолитического усть-ишимского человека, средневекового тоболо-иртышского тюрка с территории Западной Сибири, а также современных людей с территории Среднего Урала по изотопному составу кислорода в биоапатите близки к кости байгаринца, хотя и несколько легче по изотопному составу углерода. Последнее можно объяснить меньшей ролью растительной пищи в рационе байгаринского человека.

Изотопный состав углерода и азота в костном коллагене байгаринского человека, по нашим данным, составляет (%): $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -21.8$; $\delta^{15}\text{N}_{\text{Air}} = 11.65$. Близкие данные по углероду были получены в Аризонском ($-21.8...-21.4\%$) и Мангеймском (-21.3%) университетах. Судя по этим данным, байгаринец обитал в условиях умеренно теплого климата, в степных или лесостепных ландшафтах. Практиковал сугубо континентальную диету, основу которой составляло мясо копытных млекопитающих, потреблявших растения с C3-типом фотосинтеза, т. е. траву, кустарники, дикорастущие злаки, соответствующие умеренно влажной зоне. Выявляющийся изотопный сдвиг в углероде и азоте при переходе от C3-растений к травоядным животным и далее к байгаринскому человеку вполне соответствуют современным оценкам изотопного тренда в соответствующей трофической цепи [30]. Интересно, что для азота в костном коллагене человеческих популяций, проживавших в эпоху мезолита на территории современных Испании, Франции, Англии и практиковавших бытовую антропофагию [49], установлены более низкие изотопные значения, чем в случае байгаринского человека. Это указывает на гораздо менее комфортные условия существования таких мезолитических людей, чем байгаринского человека, поскольку бытовая антропофагия — очевидный признак прежде всего голодания*.

* В настоящее время уже имеются данные о признаках бытовой антропофагии в мезолите на группе стоянок Горбуновского торфяника на территории Среднего Зауралья [8].

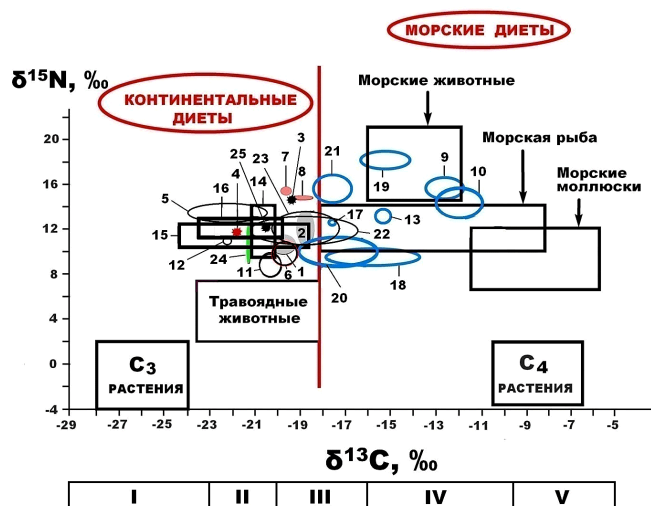


Рис. 14. Изотопные характеристики ископаемого костного коллагена людей: 1, 2 — палеолит, соответственно гомосапиенсы и неандертальцы [55]; 3 — палеолит, устьишимский человек [23]; 4 — мезолит, байгаринский человек; 5 — мезолит, Северо-Запад России [6]; 6 — мезолит, Восточно-Альпийский регион [51]; 7, 8 — мезолит, соответственно Румыния и Сербия [50]; 9 — мезолит, Шотландия [57]; 10 — мезолит, Дания [54]; 11 — неолит, Китай [37]; 12 — мезолит, стоянка Замостье, верхняя Волга [40]; 13 — мезолит-средневековье, Северное Причерноморье [6]; 14–16 — неолит-средневековье, Средняя Сибирь (данные по коллекции С. М. Слепченко); 17, 18 — неолит-средневековье, дальневосточное Приморье России [43]; 19, 20 — неолит-средневековье, соответственно о. Сахалин и р. Амур [43]; 21 — бронзовый век, северо-запад Прикаспийской степи [58]; 22 — бронзовый век, Центральная Евразия [48]; 23 — бронзовый век, Байкальский регион [41, 64]; 24 — бронзовый — железный века, Усть-Полуйское городище-святилище [22]; 25 — средневековый тоболь-иртышский тюрк. I–V — основные типы континентальных ландшафтов: соответственно леса, степи и тундры, саванны, субтропики, тропики

Fig. 14. Isotopic characteristics of fossil bone collagen in humans: 1, 2 — Paleolithic, respectively, Homo sapiens and Homo sapiens neanderthalensis [55]; 3 — Paleolithic, Ust-Ishim man [23]; 4 — Mesolithic, Baigarin man; 5 — Mesolithic, Northwest Russia [6]; 6 — Mesolithic, East Alpine region [51]; 7, 8 — Mesolithic, Romania and Serbia, respectively [51]; 9 — Mesolithic, Scotland [57]; 10 — Mesolithic, Denmark [54]; 11 — Neolithic, China [37]; 12 — Mesolithic, Zamostie site, upper Volga [40]; 13 — Mesolithic-Middle Ages, Northern Black Sea region [6]; 14–16 — Neolithic-Middle Ages, Central Siberia (data from the collection of S. M. Slepchenko); 17, 18 — Neolithic-Middle Ages, respectively, the Far Eastern Primorye of Russia [43]; 19, 20 — Neolithic-Middle Ages, respectively Sakhalin islands and the Amur river [43]; 21 — Bronze Age, northwest of the Caspian steppe [58]; 22 — Bronze Age, Central Eurasia [48]; 23 — Bronze Age, Baikal region [41, 64]; 24 — Bronze-Iron Age, Ust-Poluy settlement-sanctuary [22]; 25 — medieval Tobol-Irtysh Turk. I–V — the main types of continental landscapes, respectively, forests, steppes and tundra, savannah, subtropics, tropics

Близкие к «байгаринским» условия существования и диеты реконструируются для людей неолита-средневековья Средней Сибири и тоболь-иртышского тюрка, что выглядит логичным, учитывая географическую близость соответствующих местонахождений. Для ряда других человеческих популяций в диапазоне от позднего палеолита до мезолита выявляются палеоэкологические отличия. Так, люди эпохи мезолита на территории Восточно-Альпийского региона [51] и неолита в Центральном Китае [38], вероятно, проживали в условиях степных ландшафтов и практиковали более растительную диету. Люди мезолита на территории Северо-Запада России, обитавшие в условиях лесных ландшафтов, в значительной степени питались рыбой, включая, вероятно, морскую [14]. Еще большее своеобразие условий существования демонстрируют, во-первых, палеолитический устьишимский человек, а во-вторых, люди эпохи мезолита на территории современной Румынии и Сербии. Эти популяции не только обитали в условиях более теплого климата, но и были экстремально плотоядными, на что указывают предельно высокие для континентальных животных значения изотопного состава коллагенового азота.

Большой интерес представляют результаты исследований костных останков с приморских территорий. В этом случае обнаруживаются все признаки морских диет, естественных, прежде всего, для прибрежных территорий Британии [57] и российского Дальнего Востока [43]. Однако признаки таких диет выявились и у некоторых мезолитических популяций внутриконтинентального обитания, например на территориях Прикаспийских степей [58], Причерноморья [6] и даже южнее Урала [48]. Очевидно, что это тоже было обусловлено потреблением не только речной, но и морской рыбы.

Изотопия Sr и Nd как источник археологической информации. Популяционная история миграций людей на территорию Восточной Евразии в эпохи палеолита и мезолита остается и в настоящее время относительно слабо исследованной [59] в основном из-за недостаточной обеспеченности археологии соответствующими экспериментальными данными [3, 60]. При этом на территории Западной, Средней и Восточной Сибири уже обнаружено множество местонахождений человеческих костных останков с палеолитическим и мезолитическим возрастом [3], что сильно стимулирует интерес к теме миграции древних людей в Восточную Евразию.

Согласно современным археологическим представлениям, первая волна миграции на территорию Западной Сибири началась в конце ермаковского (раннезырянского) стадиала с юга — с территорий обитания ранних восточных европеоидов [59]. Усть-ишимский человек (45 тыс. л. н.) — участник именно этой миграции, образовавшей популяцию древних охотников-собирателей — так называемых верхнепалеолитических сибирцев. Кроме того, он рассматривается приблизительно как современник древнейших обитателей стоянок в Костёнках (40–38 тыс. л. н.) и человека в пещере Бачо-Киро на территории современной Болгарии (около 45 тыс. л. н.). К началу сартанского (позднезырянского) оледенения люди уже заселили Западную [2, 4, 12] и Среднюю Сибирь с образованием афонтовской

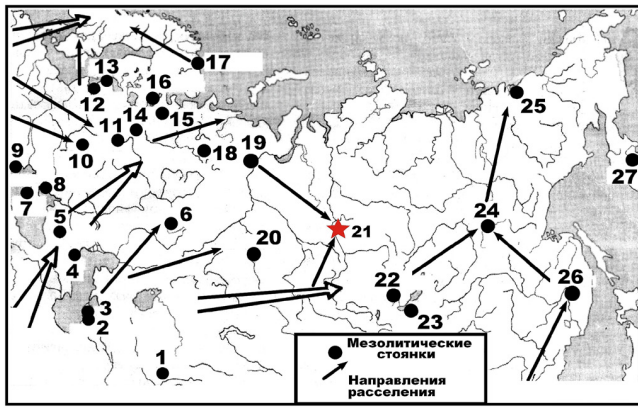


Рис. 15. Схема современных археологических представлений о миграции людей с запада на восток на Евразийском континенте в эпоху мезолита. Стоянки: 1 — Зараут-Сай, 2 — Дам-Дам-Чешме, 3 — Джебел, 4 — Чох, 5 — Сосруко, 6 — Ильмурзино, 7 — Мурзак Кобе, 8 — Каменная Могила, 9 — Мирное, 10 — Песочный Ров, 11 — Бутово, 12 — Звейники, 13 — Кунда, 14 — Олений остров, 15 — Веретье, 16 — Повенецкая, 17 — Растиниеми, 18 — Вис, 19 — Горбуновский торфяник, 20 — Чёрнозёрье, 21 — местонахождение кости байгаринского человека, 22 — Верхоленская гора, 23 — Студёное, 24 — Сумнагин, 25 — Пантелеиха, 26 — Осиповка, 27 — Ушки

Fig. 15. Scheme of modern archaeological concepts of migration people from west to east of the Eurasian continent during the Mesolithic era. Settlements: 1 — Zaraut-Say, 2 — Dam-Dam-Cheshme, 3 — Dzhebel, 4 — Chokh, 5 — Sosruko, 6 — Il'murzino, 7 — Murzak Kobe, 8 — Kamennaya Mogila (Stone grave), 9 — Mirnoye, 10 — Pesochnyy rov (Sand ditch), 11 — Butovo, 12 — Zveyniyeki, 13 — Kunda, 14 — Oleniy ostrov (Island), 15 — Veret'ye, 16 — Povenetskaya, 17 — Rastiniyemi, 18 — Vis, 19 — Gorbunovskiy torfyanik (peat bog), 20 — Chornoozor'ye, 21 — location of the bone of the Baigara man, 22 — Verkholskaya gora (mountain), 23 — Studonoye, 24 — Sumnagin, 25 — Panteleikha, 26 — Osipovka, 27 — Ushki

культуры [5, 7, 32], достигли Северо-Восточной Сибири с выходом на арктическое побережье в районе Таймыра и восточнее [15, 16]. По данным генетиков, все эти люди не только не внесли вклад в формирование современной популяции европеоидов Евразии, непосредственные предки которых появились позже 37 тыс. л. н., но и сами по себе были генетически довольно разными, например, по вкладу в геном палео-ДНК неандертальцев [23, 35].

Вторая волна миграций на сибирские территории происходила в направлении с юга и юго-востока, начавшись в конце сартанского стадиала и продолжившись в периоды бёллингского и аллерёдского предголоценовых потеплений. С этой волной миграции связывают образование популяции «палеосибириков», потомками которых считаются некоторые современные народы, например коряки.

К третьей волне относят раннеголоценовую миграцию, сформировавшую популяцию европеоидов «неосибириков». Еще недавно считалось, что эта миграция тоже происходила с юга, но в настоящее время нельзя исключить и другой или дополнительный вектор перемещения людей в Западную Сибирь со сторо-

ны восточного склона Среднего Урала, где в раннем мезолите уже существовали поселения европеоидов — охотников и рыбаков [8]. Именно к третьей миграции можно отнести и исследуемого нами байгаринского человека, обитавшего в условиях раннебореального потепления (рис. 15).

Условно четвертая волна массового заселения Сибири приходится на раннее средневековье, когда на территорию Западной Сибири пришли кочевники с юга со стороны тюркского каганата (Манчжурия, Монголия, Алтай, Восточный и Западный Туркистан, Казахстан, Крым, Северный Кавказ). Здесь они основали Сибирское ханство с одной из столиц на Иртыше, просуществовавшее до XVII века. Позже также наблюдались волны миграции в Сибирь, но большей частью русских людей с запада, начиная с эпохи Ивана Грозного (XVI век). Все это и привело к современной мозаичной картине генетического состава населения Восточной и Северо-Восточной Евразии.

В настоящее время наиболее часто используемым аналитическим индикатором миграций людей является изотопный состав стронция в костях [11, 13, 29, 65], который хорошо наследуется по цепи: горные породы → грунтовые и поверхностные воды → растения → растительноядные животные → хищники, включая человека. Считается, что в рамках этой последовательности локальное изотопное диспропорционирование стронция осуществляется незначительно.

Наши собственные данные о популяционной истории раннего заселения Западной Сибири основаны на результатах анализа изотопного состава стронция как индикатора миграций и неопределенно как указателя на места первичного захоронения [24]. Анализу были подвергнуты 9 костных останков людей с территории Западной Сибири в хронологическом диапазоне от палеолита до XX века, 16 костных образцов крупных млекопитающих в интервале от неоплейстоцена до позднего голоцена с той же территории, один коллективизированный образец смывов грунтов с костей плейстоценовых животных и один образец типичных для современных ландшафтов Западной Сибири растений (табл. 5).

Полученные результаты по изотопии стронция (рис. 16) позволяют сделать следующие выводы.

Валовое содержание стронция в исследованных костях колеблется в пределах от 100 до 1000 г/т, исключение составляет лишь кость тоболо-иртышского тюрка, концентрация стронция в которой достигает почти 3800 г/т, что характерно для карбонатных пород. По величине стронциевого изотопного коэффициента исследованные объекты достаточно контрастно подразделились на две группы.

В **первую** группу вошли ископаемые кости, смытый с них грунт и образец автохтонного для Западной Сибири растения, которые характеризуются вариацией значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в пределах 0.709516—0.709959 (0.709727 ± 0.000133). Наиболее близким к этой группе эталоном являются грунтовые и поверхностные воды континентальных низменностей, примером которых как раз и служит Западная Сибирь. По составу объектов и значениям изотопного отношения рассматриваемую группу можно определить как костный детрит местного происхождения, отвечающий *животным-аборигенам*. В число последних в нашем случае входят бай-



Таблица 5. Изотопный состав стронция и неодима в костном детрите
 Table 5. Isotopic composition of strontium and neodymium in bone detritus

№ п/п	Объект An object	Анатомия Anatomy	Возраст Age	Стронций, Sr		Неодим, Nd	
				содержание, г/т Content, ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	содержание, г/т Content, ppm	ϵNd^*
1	байгаринский человек Baigara human	таранная кость Talus	мезолит Mesolithic	313.389	0.709600	14	-6.63
2	усть-ишимский человек Ust'-Ishim man	бедро / Hip	палеолит Paeolithic	657.7	0.709216	30.07	-5
3	тоболо-иртышский тюрк Tobol-Irtysh Turk	бедро / Hip	XIII—XVI века Centuru	3776.4	0.709241	5.45	-17
4	человек 249/49 Human	берцовая кость Tibia	520 лет назад years ago	100	0.709368	3.4	-7.87
5	человек 2149/15 Human	пяточная кость Heel bone	414 лет назад years ago	100	0.709959	1.04	-2.94
6	человек 2149/607 Human	позвонок / Vertebra	278 лет / years	120	0.709288	7	-9.25
7	человек 2149/606 Human	позвонок / Vertebra	236 лет / years	230	0.709298	4.3	-8.28
8	человек 1036/245 Human	берцовая кость Tibia	53 лет / years	260	0.709058	0.86	-6.71
9	человек 1036/245 Human	берцовая кость Tibia	35 лет / years	270	0.709863	1.4	-10.29
10	олень северный Rangifer tarandus	не опр. / Undefined	неоплейстоцен Neopleistocene	946.2	0.709323	10.878	-6.328
11	олень благородный Cervus elaphus	«	«	889.2	0.709644	5.335	-6.265
12	медведь бурый Ursus arctos	«	«	606	0.709959	12.785	-6.561
13	носорог шерстистый Coelodonta antigitatis	«	«	885.5	0.709667	29.269	-5.386
14	бизон / Bison bison	«	«	1026.5	0.709646	9.55	-5.696
15	мамонт шерстистый Mammutus primigenius	«	«	853	0.709516	4.075	-5.774
16	смывы грунта с костей серии № 11–16 Washes of soil from bones of the series	«	«	240.7	0.709718	6.661	-5.598
17	медведь бурый Ursus arctos 2149/909	лучистая кость Radiant bone	«	300	0.709257	5	-5.44
18	медведь бурый Ursus arctos 1077/6	пяточная кость Heel bone	«	190	0.709631	2.3	-7.45
19	медведь бурый Ursus arctos 2149/1737	клык / Feng	«	170	0.709739	2.4	-7.88
20	медведь бурый Ursus arctos 710/1178-1	зуб / Tooth	средний голоцен	100	0.709447	0.02	Не опр.
21	медведь бурый Ursus arctos 710-1178-2	нижняя челюсть Lower jaw	«	600	0.709996	0.12	-3.61
22	медведь бурый Ursus arctos 13/33-1	зуб / Tooth	«	300	0.709714	0.06	-13.43
23	медведь бурый Ursus arctos 13/33-2	нижняя челюсть Lower jaw	«	400	0.709931	0.14	-0.96
24	медведь бурый Ursus arctos 356/2-2	зубная эмаль Tooth enamel	поздний голоцен Late Holocene	300	0.709670	0.041	-5.62
25	медведь бурый Ursus arctos 356/2-3	дентин / Dentin	«	500	0.709704	0.015	-12.05
26	«	верхняя челюсть Upper jaw	«	280	0.709781	0.038	-11.27
27	грушанка / Pyrola	растение / Plant	современность Modernity	26	0.709720	не опр. Undefined	

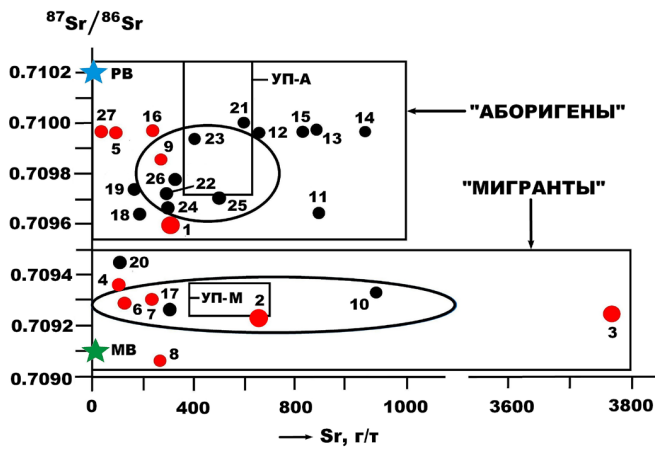


Рис. 16. Стронций в ископаемых костях животных с территории Западной Сибири, красными точками показаны данные для человеческих останков. Расшифровка номеров образцов в табл. 5. Эталоны: РЧ — грунтовые и поверхностные воды, МВ — морская вода. Эллипсами показаны области средних значений \pm СКО. УП-А и УП-М — средние \pm СКО данные П. Д. Косинцева, С. Л. Вотякова и Д. В. Киселёвой по костям северных оленей с Усть-Полуйского святилища-городища, соответственно для животных «аборигенов» и «мигрантов»

Fig. 16. Strontium in animal fossil bones from the territory of Western Siberia, red dots show data for human remains. Explanation of sample numbers in table. 5. Standards: РЧ — ground and surface water, МВ — sea water. Ellipses show the areas of mean values \pm standard deviation. УП-А and УП-М — mean \pm RMS data by P. A. Kosintsev, S. L. Votyakov and D. V. Kiseleva on the bones of reindeer from the Ust-Poluy sanctuary-settlement, respectively, for local and migrant animals

гаринский человек, еще два человека из XVI и XX веков и подавляющее большинство других животных — олени, шерстистые носорог и мамонт, бизон, бурые медведи.

Вторую группу объектов образует костный детрит с вариацией стронциевого изотопного отношения в границах 0.709058–0.709447 (0.709277 ± 0.000108). Близким к этой группе эталоном является морская вода. Судя по изотопным значениям, члены второй группы представляют собой *животных-мигрантов* с предгорных территорий, среди которых усть-ишимский человек, средневековый тоболо-иртышский тюрк и большая часть проанализированных людей в хронологическом диапазоне от XV до XX века — всего около 70 %. Из других животных в группу мигрантов входят лишь некоторые — северный олень и два бурых медведя.

Расчет показал, что выявляющиеся группы животных заметно различаются по корреляции между валовым содержанием стронция и значением его изотопного коэффициента. Так, в группе «мигрантов» между этими параметрами корреляция не обнаружена, а в группе «аборигенов» она отрицательная ($r = -0.3$), что свидетельствует о тенденции к снижению значения изотопного коэффициента по мере возрастания валового содержания стронция. Последнее можно объяснить колебаниями роли карбонатных по-

род в составе местных для Западной Сибири горных субстратов.

Картина распределения исследованных объектов по значениям изотопного состава неодима (ϵNd) выглядит по-другому. В этом случае группы животных «аборигенов» и «мигрантов» обособляются незначительно с перекрытием соответствующих полей на 48 % (табл. 5; рис. 17), хотя статистически эти группы несколько различаются: «аборигены» характеризуются содержанием неодима 4.716 ± 7.671 г/т, значением $\epsilon Nd = -6.87 \pm 3.284$, а «мигранты» соответственно 7.441 ± 9.074 г/т и -7.653 ± 3.98 . Такой результат можно объяснить тем, что неодим в условиях земной коры изотопно диспропорционирует медленнее, чем стронций, и поэтому является критерием не столько миграций, сколько мест захоронения. Поскольку исследованные нами кости были отобраны с одной и той же геологически однородной территории — Западно-Сибирской плиты, данные по изотопии неодима в них оказались в значительной степени перекрывающимися. Тем не менее можно отметить, что изотопно-неодимовые данные по костям усть-ишимского человека и тоболо-иртышского тюрка четко легли в поле «мигрантов», а данные по байгаринскому человеку попали на самый край поля перекрытия со стороны поля «аборигенов».

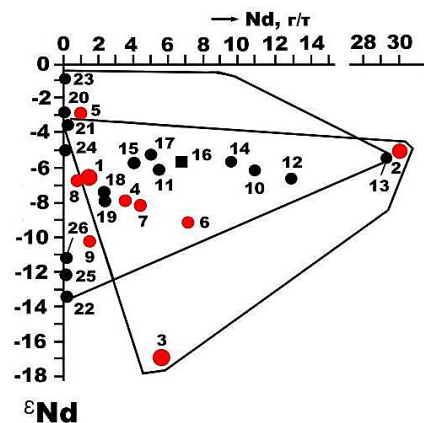


Рис. 17. Неодим в ископаемых костях животных и смывах грунтов с территории Западной Сибири; красными точками показаны данные для человеческих останков. Расшифровка номеров образцов в табл. 5

Fig. 17. Neodymium in animal fossil bones and soil washings from the territory of Western Siberia; red dots show data for human remains. Explanation of sample numbers in Table 5

Таким образом, полученные данные об изотопном составе стронция и неодима вполне подтверждают современную археологическую концепцию миграции людей на территорию Западной и, вероятно, всей остальной Сибири. В рамках этой концепции усть-ишимский человек еще являлся мигрантом, а байгаринский человек был уже представителем укоренившейся в Западной Сибири популяции европеоидов-сибиряков. Раннесредневековый тоболо-иртышский тюрк — не только очевидный мигрант, но и мигрант с территорий иного геологического строения (карбонатная платформа), чем в случае усть-ишимца. Период

с позднего средневековья по XX век — эпоха колонизации Сибири русскими людьми — тоже характеризуется активными миграциями с запада со стороны европейской части России и Урала. Важно подчеркнуть, что среди плейстоцен-голоценовых «мигрантов» на территорию Западной Сибири были не только люди, но и множество других животных, особенно северные олени и бурые медведи.

Выявленная по изотопным данным история древних миграций на территорию Западной Сибири не является уникальной, имея аналогии на других территориях.

Так, в результате изотопных исследований костных останков людей в пещере Гротта Пальиччи (Средняя Италия) с геологическим возрастом 33–18 тыс. л. н. были выявлены четыре человеческие популяции [46]: 1) ранняя с изотопным отношением $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в костях в пределах 0.708–0.7082; 2) средняя со значениями того же изотопного отношения 0.7084–0.7085; 3) поздняя с коэффициентом 0.7087–0.7089; 4) популяция эпиграветтов со стронциевым изотопным отношением 0.7092–0.7093. Приведенные данные были проинтерпретированы итальянскими археологами как изотопная история постепенной миграции людей позднего палеолита с низменности в предгорья вслед за отступающим ледником. Очевидно, что выявленная картина в принципе аналогична изотопной картине миграций на территорию Западной Сибири, только с обратным знаком — в нашем случае миграция происходила из предгорий на низменность.

Второй пример относится к истории миграций голоценовых бизонов по территории, относящейся к современным США. В этом случае зафиксировано изменение значений изотопного коэффициента стронция в костях в диапазоне от 0.709 у бизонов из предгорий до 0.711 у бизонов на равнинах-низменностях. По оценкам авторов [65], американские бизоны-мигранты за сезон перемещались на 50 км, а за несколько лет покрывали от 500 до 1000 км. Все это тоже очень похоже на наши данные, полученные для Западной Сибири.

Третий пример иллюстрирует изотопную неоднородность по стронцию в костных останках африканских австралопитеков (2.1–2.8 млн л. н.), обитавших в доломитовой пещере Стеркфонтейн в Южной Африке [33]. Здесь исследовались мужские и женские кости, показавшие вариацию значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в диапазоне от 0.7210 до 0.734, что в пределе соответствует аналогичным данным по доломитам. Среди проанализированных особей оказалось 36 % «оседлых» с более высокими — «доломитовыми» — значениями изотопного отношения, а примерно 50 % имели более низкие значения этого отношения, на основании чего их отнесли к «гулякам», прибывшим с территорий за пределами доломитовой платформы. Интересно, что среди «гуляк» оказалось больше женщин.

Наконец, четвертый пример показывают результаты изучения изотопных отношений стронция в раковинах улиток на территории Северного и Южного Кавказа [25]. В этом случае были выявлены три группы животных, упорядоченно различающихся значениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: 1) улитки с горной территории Южного Кавказа, показавшие наиболее низкие значения изотопного отношения Sr в диапазоне 0.70727–0.70777; 2) улитки со среднегорных и предгорных территорий,

имеющие более высокие значения изотопного отношения от 0.70786 до 0.70810; 3) улитки с территории прикаспийской низменности, характеризующиеся еще более высокими значениями стронциевого изотопного отношения — от 0.708326 до 0.70859. Этот тренд в направлении от низменности к горам тоже похож на изотопную тенденцию, выявленную нами для Западной Сибири.

Заключение

Исследованные минералого-геохимические свойства байгаринской кости — оптико- и АС-микроскопические, нанопористость, химический состав, содержание микроэлементов, степень кристалличности костного биоапатита, термические свойства и степень дегградации костного коллагена — убедительно подтверждают именно раннеголоценовый ее возраст. Байгаринский человек, которому принадлежала эта кость, жил в начале мезолита во время раннебореального потепления в условиях умеренно-теплого и умеренно-влажного климата. Судя по изотопным меткам диеты и биологическому возрасту, он был удачливым охотником. В качестве близких современников байгаринского человека можно назвать чеддарского человека из современной Южной Англии, мужчину из Иерихона в Иудейской пустыне, «сидячую женщину» из Южной Швеции, женщин с мезолитических стоянок во Франции и Испании (рис. 18). Интересно, что, по данным генетиков, многие из европеоидов эпохи мезолита были еще темнокожими, иногда с голубыми глазами (результат мутации, случившейся примерно 10 тыс. л. н.). Не исключено, что такими физическими качествами мог характеризоваться и рослый байгаринский человек — представитель «неосибирияков», ставших предками популяции современных европеоидов Евразии.

Судя по примеси вивианита в исследованной кости, байгаринский человек был захоронен в заболоченном гумусированном слое приповерхностных грунтов, что считается характерным именно для стоянок мезолита — раннего неолита [1, 8, 19]. Разумеется, в настоящее время на основании только находки переотложенной небольшой кости мы не можем ничего сказать конкретного о бытовой стороне жизни байгаринца и его соплеменников. Для этого требуются новые находки соответствующего археологического материала и достаточно высокотехнологичные экспериментальные исследования.

За сотрудничество в исследованиях и ценные советы авторы благодарят д. г. н. Я. В. Кузьмина, д. и. н. П. Ю. Павлова, д. г.- м. н. Д. В. Пономарева, старшего инженера-исследователя В. А. Радаева, старшего физика-спектроскописта М. Ф. Самотолкову, к. г.- м. н. Ю. С. Симакову. Некоторые ценные образцы были предоставлены для изучения Музеем Института экологии растений и животных УрО РАН, палеонтологом А. А. Бондаревым, к. и. н. С. М. Слепченко и д. м. н. М. В. Гилевым.

Исследование получило финансовую поддержку Минобрнауки РФ — тема № АААА-А19-119031890086-0. Содержание микроэлементов в костях и изотопный состав стронция и неодима определены в ЦКП ИГГ УрО РАН «Геоаналитик» при финансовой поддержке гранта

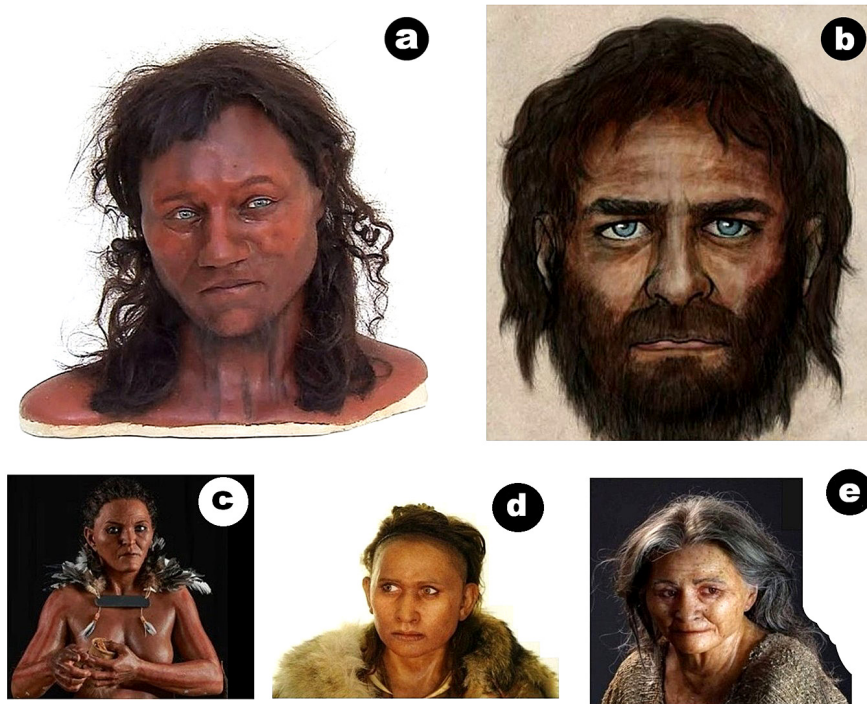


Рис. 18. Люди эпохи мезолита — реконструкции с использованием ДНК-информации: а — чеддарский человек, Южная Англия; б — смуглокожий европеоид с голубыми глазами; с — «сидящая женщина», Скейтхолм, Южная Швеция; d — женщина из Абри-Пато, Франция; е — женщина из Лас-Пальмас, Испания. Изображения взяты из общедоступных источников в сети интернет

Fig. 18. People of the Mesolithic era — reconstructions using DNA information: a — Cheddar man, South England; b — dark-skinned representative of European ethnicity with blue eyes; c — «sitting woman», Skateholm, South Sweden; d — a woman from Abri Pataud, France; e — a woman from Las Palmas, Spain. Images are public domain

РФФИ научного проекта № 20-09-00194 А и в рамках государственного задания ИГТ УрО РАН (номер государственной регистрации АААА-А18-118053090045-8).

Литература

1. Авдусин Д. А. Основы археологии. М.: Высшая школа, 1989. 325 с.
2. Акимова Е. В., Дроздов И. И., Лаухин С. А., Чеха В. П., Орлова Л. А., Кольцова В. Г., Санько А. Ф., Шпакова Е. Г. Палеолит Енисея. Листвянка. Красноярск, 2005. 180 с.
3. Археология / Под ред. академика РАН В. Л. Янина. М.: Изд-во МГУ, 2006. 608 с.
4. Бужилова А. П., Добровольская М. В., Медникова М. Б. Лобная кость Номо из верхнепалеолитического месторождения Покровка II в Сибири // Вестник МГУ. Антропология, 2009. № 3. С. 4—13.
5. Деревянко А. П., Славитинский В. С., Чикишева Т. А., Зубова А. В., Слепченко С. М., Зольников И. Д., Лысенко Д. Н., Дроздов Н. И., Цыбанков А. А., Деев Е. В., Рыбалко А. Г., Стасюк И. В., Харевич В. М., Артемьев Е. В., Галухин Л. Л., Богданов Е. С., Степанов Н. С., Дудко А. А., Ломов П. К. Новые антропологические находки эпохи палеолита со стоянки Афонтова Гора II (предварительное описание, краткий стратиграфический и археологический контекст) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. 2014. Т. 20. С. 431—434.
6. Добровольская М. В. Человек и его пища. М.: Научный мир, 2005. 367 с.
7. Дроздов Н. И., Артемьев Е. В. Палеолит Афонтовой Горы: последние данные — новые вопросы // Археология,

- этнография и антропология Евразии. 2007. № 1. С. 39—45.
8. Жилин М. Г., Савченко С. Н., Косинская Л. А., Сериков Ю. Б., Александровский А. Л., Лаптева Е. Г., Корона О. М., Косинцев П. А. Мезолитические памятники Горбуновского торфяника. М.-СПб.: Нестор-История, 2020. 368 с.
9. Кузьмин Я. В. Расселение ранних людей современного типа (Homo sapiens sapiens) в Евразии: современное состояние вопроса // Экология древних и традиционных обществ. 2016. № 5 (1). С. 119—122.
10. Кузьмин Я. В. Радиоуглеродная хронология людей современного анатомического типа эпохи палеолита Восточной Европы, Сибири и Восточной Азии // Camera praehistorica. 2020. № 2 (5). С. 122—146.
11. Лохов К. И., Бережная Н. Г., Матуков Д. И., Боковенко Н. А., Зайцева Г. И., Чузунов К. В., Скотт Е. М. Изотопный состав стронция в костях из древних захоронений Саяно-Алтая как индикатор места проживания и миграции // Радиоуглерод в археологических и палеонтологических исследованиях: Материалы конференции, посвященной 50-летию радиоуглеродной лаборатории ИИМК РАН. М.: ИИМК РАН, 2007. С. 263—273.
12. Макаров С. С. Динамика культурного развития и освоения Западно-Сибирской равнины в позднем плейстоцене // Вестник Новосибирского государственного университета. История, философия. 2009. № 8 (3). С. 63—75.
13. Николаев В. И., Барбиери М., Даванзо С., Кузнецова Т. В., Лонжинелли А., Сулерджицкий Л. Д., Якумин П. Комплексные изотопные исследования мамонтов Якутии // Квартер-2005: Материалы IV Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 297—298.



14. *Ошибкина С. В.* Человек эпохи мезолита и его природное окружение (по материалам культуры Веретье) // Вестник антропологии. 2007. № 15 (1). С. 179—185.
15. *Питулько В. В.* Свидетельства раннего расселения человека в арктической области Евразии: новые находки и перспективы исследований // Археология Арктики. 2016. № 3. С. 91—116.
16. *Питулько В. В., Павлова Е. Ю., Никольский П. А.* Расселение человека в Арктике в первой половине МИС-3: новые данные // Фундаментальные проблемы квартера. Итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы X Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. М.: ГЕОС, 2017. С. 317—318.
17. *Пошехонова О. Е.* К средневековой палеоантропологии Южно-Тажного Прииртышья (по материалам могильника IX—XVIII вв. на территории Красноярского археологического комплекса) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2011. № 2. С. 152—166.
18. *Ражев Д. И., Косинцев П. А., Кузьмин Я. В.* Плейстоценовая таранная кость (os talus) человека с местонахождения Байгара (центр Западной Сибири) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2010. № 1. С. 1—14.
19. *Свиридов Д. В., Косорокова Н. В.* Исследование ранне-неолитического поселения Караваиха-4 в бассейне озера Воже в 2012 г. // Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе: Материалы 15-й научной конференции. Сыктывкар: Геопринт. 2012. Т. XV. С. 126—132.
20. *Силаев В. И., Белицкая А. Л., Туркина Т. Ю., Смолева И. В., Хазов А. Ф., Киселёва Д. В.* Окружающая среда и диета раннего средневековья Европейского Северо-Востока (по данным изотопно-геохимического анализа антропологических материалов из могильников V—VII вв н. э.) // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2019. № 3. С. 53—64.
21. *Силаев В. И., Косинцев П. А., Филиппов В. Н., Киселёва Д. В., Смолева И. В., Чередниченко Н. В.* Минералого-геохимическая характеристика кости байгаринского человека эпохи мезолита (Западная Сибирь) // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения — 2018): Материалы российской конференции с международным участием. Сыктывкар: Геопринт. 2018. С. 144—146.
22. *Силаев В. И., Паришукова М. Н., Слепченко С. М., Смолева И. В., Киселёва Д. В., Шанина С. Н., Тропников Е. А., Хазов А. Ф.* Усть-Полуйское городище-святилище: опыт минералого-геохимических исследований человеческих костных останков. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2017. 68 с.
23. *Силаев В. И., Слепченко С. М., Бондарев А. А., Смолева И. В., Киселёва Д. В., Шанина С. Н., Мартыросян О. В., Тропников Е. М., Хазов А. Ф.* Усть-ишимская кость: минералого-геохимические свойства как источник палеонтологической, палеоантропологической и палеоэкологической информации // Вестник Пермского университета. Геология. 2017. № 1. С. 6—30.
24. *Стрелецкая М. В., Зайцев М. В., Солошенко Н. Г., Киселёва Д. В., Силаев В. И.* Изотопный состав Sr и Nd ископаемых костных остатков мамонтовой фауны и человека из месторождений Печорского Приуралья и Среднего Прииртышья // Металлология древних и современных океанов — 2017. Миасс: ИМин УрО РАН, 2017. С. 252—256.
25. *Шишлина Н. И., Ларионова Ю. О., Идрисов И. А., Азаров Е. С.* Вариации изотопного состава стронция в образцах современных улиток восточной части Кавказа // Аридные системы. 2016. № 22. С. 33—40.
26. *Юсупов Ш.* Особенности формирования изотопного состава углерода в подземных водах (на примере районов Средней Азии) // Геохимия. 1994. № 5. С. 732—738.
27. *Ambrose S. H.* Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis // J. of Archaeology Science. 1990. V. 17. pp. 431—451.
28. *Ambrose S. N., Buikstra J., Krueger H. W.* Status and gender differences in diet at Mound72, Cahokia, revealed by isotopic analysis of bone // J. Anthropological Archaeology. 2003. V. 22. pp. 217—226.
29. *Bentley R. A.* Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: a review // J. Archaeol. Method. Th.. 2006. V. 13. pp. 135—187.
30. *Bocherens H., Drucker D.* Trophic level isotopic enrichments for carbon and nitrogen in collagen: case studies from recent and ancient Terrestrial ecosystems // International J. of Osteoarchaeology. 2003. V. 13. pp. 46—53.
31. *Bronk-Ramsey C., Higham T., Bowles A., Hedges R.* Improvements to the Pretreatment of Bone at Oxford // Radiocarbon. 2004. No. 46. pp. 155—163.
32. *Chikisheva T. A., Slepchenko S. M., Zubova A. V., Slavinsky V. S., Tsubankov A. A., Drozdov N. I., Lysenko D. N.* An Upper Paleolithic Human Mandible and a First Cervical Vertebra from Afontova Gora II // Archaeology of Eurasia. 2016. V. 44/3. pp. 150—157.
33. *Copeland S. R., Sponheimer M., Ruitter D. J., Lee-Torp J. A., Codron D., Roux P. J., Grimes V., Rhichards M. P.* Strontium isotope evidence for landscape use by early Hominins // Nature. 2011. V. 474. pp. 76—78.
34. *Corr L. T., Sealy J. C., Horton M. C., Evershed R. P.* A novel marine dietary indicator utilizing compound-specific bone collagen amino acid $\delta^{15}\text{C}$ values of ancient humans // J. Archaeol. Sci. 2005. V. 32. pp. 321—330.
35. *Hajdinjak M., Mafessoni F., Vernot B., Hubner A., Fu Q., Essel E., Nagel S., Nickel B., Moldovan J. O. T., Constantin S., Endarova E., Zachariv N., Spasov R., Welker F., Smith G. M., Sinet-Mathiot V., Paskulin L., Fewlass H., Talamo S., Rezek Z., Sirakova S., Sirakov N., McPerron S. P., Tsanova T., Hublin J.-J., Peter B. M., Meyer M., Skoglund P., Kelso J., Paabo S.* Unitial Upper Palaeolithic humans in Europe had recent Neandertal ancestry // Nature, 2021. V.592. P. 253—259.
36. *Hedges R. E. M., Reynard L.* Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology // J. Archaeol. Sci. 2007. V. 34. pp. 1240—1251.
37. *Hu Ya., Ambrose S. H., Wang Ch.* Stable isotopic analysis of human bones from Jianu site Henan, China: implications for the transition to agriculture // J. of Archaeological Science, 2009. V. 3. pp 1319—1330.
38. *Eriksson G.* Stable isotope analysis of human and faunal remains from Zveinieki Back to the origin. New research in the Mesolithic-Neolithic Zveinieki cemetery and environment, Northern Latvia. Iund // Acta Archaeologica Lundensia. 2006. Series 8/52. pp. 183—216.
39. *Evershed R. P.* Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution // Archaeometry. 2008. V. 50. pp. 895—924.
40. *Iacumin P., Nicolaev V., Genoni L., Ramigni M., Ryskov Ya. G., Longinelli A.* Stable isotope analyses of mammal skeletal remains of Holocene age from European Russia: A way to trace dietary and environmental Changes // Geobios. 2004. V. 37. pp. 37—47.
41. *Katzenberg M. A.* Stable Isotope Ecology and Palaeodiet in the Lake Baikal Region of Siberia // J. of Archaeological Science. 1999. V. 26. P. 651—659.



42. Krigbaum J. Neolithic subsistence patterns northern Borneo reconstructed with stable carbon isotopes of enamel // *J. Anthropological Archaeology*. 2003. V. 22, pp. 292–304.
43. Kuzmin Ya. V. Reconstruction of prehistory and Medieval Dietary Patterns in the Russian Far East: a Review of current data // *Radiocarbon*. 2015. V. 57. pp. 571–580.
44. Kuzmin Ya. V., Kosintzev P. A., Razhev D. I., Hodgins G. W. L. The oldest directly-dated human remains in Siberia: AMS ^{14}C age of talus bone from the Baigara locality West Siberian Plain // *J. of Human Evolution*. 2009. V. 57. pp. 91–95.
45. Lee-Thorp J. A., Sealy J. C., Merve N. J. Stable Carbon Isotope Ratio Differences Between Bone Apatite and their Relationship to Diet // *J. of Archaeol. Sci.* 1989. V. 16, pp. 585–599.
46. Lugli F., Cipriani A., Capocchi G., Ricci S., Boschin F., Boscato P., Lacumin P., Badino F., Mannino M., Talamo S., Richards M., Benazzi S., Ronchitelli A. Strontium and stable isotope evidence of human mobility strategies across the Last Glacial Maximum in southern Italy // *Nature Ecology and Evolution*. 2019. V. 3. pp. 905–911.
47. Merwe N. J., Williamson R. F., Pfeiffer S., Thomas S. C., Allegretto K. O. The Moat field ossuary: isotopic dietary analysis of an Iroquoian community using dental tissue // *Huthropologicae Archaeology*, 2003. V. 22. pp. 245–261.
48. Miller A. V., Usmanova E., Logvin V., Kolbina A., Suslov A., Privat K., Haas K., Rosenmeier M. Subsistence and Social Change in central Eurasia: stable isotope analysis of populations spanning the Bronze Age transition // *J. of Archaeological Science*. 2014. V. 42. pp. 525–538.
49. Morales-Perez J. V., Salszar D. C., Ivanov M., Eltruch C. M., Pardo J. F. J., Cebrian C. C. V., Ripoll M. P., Tortosa J. E. A. Finery practices or food delicatessen? Human remains with anthropic marks from the Western Mediterranean Mesolithic // *J. Anthropological Archaeology*. 2017. V. 45. pp. 115–130.
50. Murray M., Schoeninger M. J. Diet, status and complex Social Structure in Iron Age Central Europe: some contributions of bone chemistry // *Tribe and polity in late prehistoric Europe*. N. Y. Plenum Press. 1988. pp. 157–178.
51. Oxilia G., Bortolini E., Badino F., Bernadini F., Gazonni V., Luigli F., Romandini M., Radini A., Terlato G., Marciari G., Silvestrini S., Sartorio J. C. M., Hohenstein U. T., Fiorenza L., Kulmer O., Tunic C., Cecchi J. M., Talamo S., Fontana F., Presani M., Benazzi S., Cristiani E. Exploring late Paleolithic and Mesolithic diet in the Eastern Alpine region of Italy through multiple proxies // *Amer. J. Physical Anthropology*. 2020. DOI: 10.1002/ajdra.24128.
52. Qu Y., Changhu J., Zhang Y., Hu Y., Shang X. Preservation assessments and carbon and oxygen isotopes analysis of tooth enamel of *Gigantopithecus blacki* and contemporary animals from Sane Cave Conzuj, South China during the Early Pleistocene // *Quaternary International*. 2013. V. 30. pp. 1–7.
53. Reyhard B., Balter V. Trace elements and their isotopes in bones and teeth; diet, environment, diagenesis and dating of archaeological and paleontological samples // *Palaeogeography, Palaeoclimatology*. 2014. V. 416. pp. 4–16.
54. Richards M. P., Price T. D., Koch E. The Mesolithic/Neolithic Transition in Denmark: New stable isotope data // *Current Anthropology*. 2003. V. 44. pp. 288–295.
55. Richards M. P., Trinkaus E. Isotopic evidence for the diets of European Neanderthals and early modern humans // *PNAS*. 2009. V. 106. pp. 16034–16039.
56. Schoeninger M. J., DeNiro M. J., Tauber H. Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet // *Science*. 1983. V. 220. pp. 1381–1383.
57. Schulting R. J., Richards M. P. Finding of the coastal Mesolithic in southwest Britain: AMS dates and stable isotope results on human remains from Caldey Island, south Wales // *Antiquity*. 2002. V. 76(294). pp. 1011–1025.
58. Shishlina N. I., Van der Plicht J., Hedges R. E. M., Zazovskaya E. P., Sevastyanov V. S., Chichagova O. A. The Catacomb Cultures of the North-West Caspian Steppe: ^{14}C Chronology, reservoir effect and paleodiet // *Radiocarbon*. 2007. V. 49. pp. 713–726.
59. Sikora M., Pitulko V. V., Sousa V. C., Allentoft M. E., Vinner L., Rasmussen S., Margaryan A., Damgaard P. V. The population history of northeastern Siberia Since the Pleistocene // *Nature*. 2019. V. 570. pp. 182–188.
60. Silaev V. I., Ponomarev D. V., Kiseleva D. V., Smoleva I. V., Simakova Yu. S., Matirosyan O. V., Vasil'ev E. A., Khazov A. F., Tropnikov E. M. Mineralogical-Geochemical Characteristics of the Bone Detritus of Pleistocene Mammals as a Source of Paleontological Information // *Paleontological J.* 2017. V. 51. No. 13. pp. 1395–1421.
61. Tutken T. Die Isotope analyses füssier Skelettreste – Bestimmung der Herkunft und Mobilität von Menschen und Tieren // *Tagungen des Landes museums für vor Geschichte Halle*. 2010. V. 3. pp. 33–51.
62. Tutken T., Furer H., Walter T., Vennemann T. W. Stable isotope composition of mammoth teeth from Nieder-Weningen, Switzerland: Implications for the Late Pleistocene Climate, environment, and diet // *Quart. Int.* 2007. V. 164. pp. 139–150.
63. Tutken T., Vennemann T. W., Pfitzschner H.-U. Nd and Sr isotope compositions in modern and fossil bones-proxies for vertebrate and taphonomy // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2011. V. 75. pp. 5951–5970.
64. Weber A. W., White D., Bazaliiskii V. I., Goriunova O. I., Savely N. A., Katzenberg M. A. Huntergatherer foraging ranges, migration, and travel in the middle Holocene Baikal region of Siberia: Insights from carbon and nitrogen Stable isotope signatures // *J. Anthropological Archaeology*. 2001. V. 30. pp. 523–548.
65. Widga Ch., Walker J. D., Stockli L. D. Middle Holocene Bison diet and mobility in the eastern Great Plains (USA) based on $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analyses of tooth enamel carbonate // *Quaternary Research*. 2010. V. 73. pp. 449–463.

References

1. Avdusin D. A. *Osnovy arkheologii* (Fundamentals of archeology). Moscow: Higher school, 1989. 325 p.
2. Akimova E. V., Drozdov I. I., Laukhin S. A., Chekha V. P., Orlova L. A., Koltsova V. G., Sanko A. F., Shpakova E. G. *Paleolit Yeniseya. Listvyanka* (Paleolithic Yenisei. Listvyanka). Krasnoyarsk, 2005. 180 p.
3. *Arkheologiya* (Archeology). Edited by Academician V. L. Yanin. Moscow: Publishing house of Moscow State University, 2006. 608 p.
4. Buzhilova A. P., Dobrovolskaya M. V., Mednikova M. B. *Lobnaya kost' Homo iz verkhnepaleoliticheskogo mestorozhdeniya Pokrovka II v Sibiri* (Frontal bone of Homo from the Upper Paleolithic Pokrovka II deposit in Siberia). Moscow State University Bulletin. Anthropology, 2009. No. 3. pp. 4–13.
5. Derevianko A. P., Slavitskiy V. S., Chikisheva T. A., Zubova A. V., Slepchenko S. M., Zolnikov I. D., Lysenko D. N., Drozdov N. I., Tsybankov A. A., Deev E. V., Rybalko A. G., Stasyuk I. V., Kharevich V. M., Artemiev E. V., Galukhin L. L., Bogdanov E. S., Stepanov N. S., Dudko A. A., Lomov P. K. *Novyye antropologicheskiye nakhodki epokhi paleolita so stoyanki Afontova Gora*



II (prevaritel'noye opisaniye, kratkiy stratigraficheskiy i arkhеologicheskiy kontekst) (New anthropological finds of the Paleolithic era from the Afontova Gora II site (preliminary description, brief stratigraphic and archaeological context)). Problems of archeology, ethnography, anthropology of Siberia and adjacent territories, 2014. T. 20. pp. 431–434.

6. Dobrovolskaya M. V. *Chelovek i yego pishcha* (Man and his food). Moscow: Scientific world, 2005, 367 p.

7. Drozdov N. I., Artemyev E. V. *Paleolit Afontovoy Gory: posledniye dannyye — novyye voprosy* (Paleolithic of Afontova Gora: recent data — new questions). Archeology, ethnography and anthropology of Eurasia, 2007, No. 1, pp. 39–45.

8. Zhilin M. G., Savchenko S. N., Kosinskaya L. A., Serikov Yu. B., Aleksandrovsky A. L., Lapteva E. G., Crown O. M., Kosintsev P. A. *Mezoliticheskiye pamyatniki Gorbunovskogo torfyanika* (Mesolithic monuments of the Gorbunovsky peat bog). Moscow-SPb: Nestor-History, 2020, 368 p.

9. Kuzmin Ya. V. *Rasseleniye rannikh lyudey sovremennogo tipa (Homo sapiens sapiens) v Yevrazii: sovremennoye sostoyaniye voprosa* (Resettlement of early modern humans (Homo sapiens sapiens) in Eurasia: the current state of the issue). Ecology of ancient and traditional societies, 2016, No. 5 (1), pp. 119–122.

10. Kuzmin Ya. V. *Radiouglerodnaya khronologiya lyudey sovremennogo anatomicheskogo tipa epokhi paleolita Vostochnoy Yevropy, Sibiri i Vostochnoy Azii* (Radiocarbon chronology of people of the modern anatomical type of the Paleolithic era of Eastern Europe, Siberia and East Asia). Camera praehistorica, 2020, No. 2 (5), pp. 122–146.

11. Lokhov K. I., Berezhnaya N. G., Matukov D. I., Bokovenko N. A., Zaitseva G. I., Chugunov K. V., Scott E. M. *Izotopnyy sostav strontsiya v kostyakh iz drevnikh zakhoroneniy Sayano-Altaya kak indikator mesta prozhivaniya i migratsii* (Strontium isotopic composition in bones from ancient burials of Sayan-Altai as an indicator of place of residence and migration). Radiocarbon in archaeological and paleontological research: Proceedings of the conference dedicated to the 50th anniversary of the radiocarbon laboratory of the IIMK RAS. Moscow: IIMK RAN, 2007, pp. 263–273.

12. Makarov S. S. *Dinamika kul'turnogo razvitiya i osvoyeniya Zapadno-Sibirskoy ravniny v pozdnem pleystotsene* (Dynamics of cultural development and mastering of the West Siberian Plain in the Late Pleistocene). Novosibirsk State University Bulletin. History, philosophy, 2009, No. 8 (3), pp. 63–75.

13. Nikolaev V. I., Barbieri M., Davanzo S., Kuznetsova T. V., Longinelli A., Sulerzhitskiy L. D., Yakumin P. *Kompleksnyye izotopnyye issledovaniya mamontov Yakutii* (Complex isotope studies of mammoths in Yakutia). Quarter-2005: Proceedings of the IV All-Russian meeting on the study of the Quaternary period. Syktyvkar: Geoprint, 2005, pp. 297–298.

14. Oshibkina S. V. *Chelovek epokhi mezolita i yego prirodnoye okruzeniye (po materialam kul'tury Veret'ye)* (Man of the Mesolithic era and his natural environment (based on the materials of the Veretie culture)). Bulletin of anthropology, 2007, No. 15 (1), pp. 179–185.

15. Pitulko V. V. *Svidetel'stva rannego rasseleniya cheloveka v arkticheskoy oblasti Yevrazii: novyye nakhodki i perspektivy issledovaniy* (Evidence of early human settlement in the Arctic region of Eurasia: new findings and research prospects). Archeology of the Arctic, 2016, No. 3, pp. 91–116.

16. Pitulko V. V., Pavlova E. Yu., Nikolsky P. A. *Rasseleniye cheloveka v Arktike v pervoy polovine MIS3: novyye dannyye* (Human settlement in the Arctic in the first half of MIS3: new data). Fundamental problems of the quarter. Results of the

study and the main directions of further research: Materials of the X All-Russian meeting on the study of the Quaternary period. M.: GEOS, 2017, pp. 317–318.

17. Poshekhonova O. E. *K srednevekovoy paleoantropologii Yuzhno-Tayezhnogo Priirtysh'ya (po materialam mogil'nika IX–XVIII vv. na territorii Krasnoyarskogo Arkheologicheskogo kompleksa)* (Towards the medieval paleoanthropology of the Southern Taiga Priirtysh region (based on materials from the burial ground of the 9th — 18th centuries on the territory of the Krasnoyarsk Archaeological Complex)). Bulletin of Archeology, Anthropology and Ethnography, 2011, No. 2, pp. 152–166.

18. Razhev D. I., Kosintsev P. A., Kuzmin Y. V. *Pleystotsenovaya tarannaya kost' (os talus) cheloveka s mestonakhozhdeniya Baygara (Tsentri Zapadnoy Sibiri)* (Pleistocene talus (os talus) of a person from the Baigara locality (Center of Western Siberia)). Bulletin of archeology, anthropology and ethnography, 2010, No. 1, pp. 1–14.

19. Sviridov D. V., Kosorukov N. V. *Issledovanie ranneneoliticheskogo poseleniya Karavaiha-4 v bassejne ozera Voge v 2012 g.* (Study of Early Paleolithic village Karavaiha-4 in the basin of Voge Lake in 2012) // *Geologo-arheologicheskie issledovaniya v Timano-severouralskom regione*. Syktyvkar: Geoprint, 2012, V. XV, pp. 126–132.

20. Silaev V. I., Belitskaya A. L., Turkina T. Yu., Smoleva I. V., Khazov A. F., Kiseleva D. V. *Okruzhayushchaya sreda i diyetu rannego srednevekov'ya Yevropeyskogo Severo-Vostoka (po dannym izotopno-geokhimicheskogo analiza antropologicheskikh materialov iz mogil'nikov V–VII vv n. e.)* (Environment and diet of the early Middle Ages of the European Northeast (according to isotope-geochemical analysis of anthropological materials from burial grounds of the 5th–7th centuries AD)). Izvestia of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019, No. 3, pp. 53–64.

21. Silaev V. I., Kosintsev P. A., Filippov V. N., Kiseleva D. V., Smoleva I. V., Cherednichenko N. V. *Mineralogo-geokhimicheskaya kharakteristika kosti Baygarinskogo cheloveka epokhi mezolita (Zapadnaya Sibir')* (Mineralogical and geochemical characteristics of the bone of the Baigarin man of the Mesolithic era (Western Siberia)). Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy (Yushkin readings-2018): Materials of a Russian conference with international participation. Syktyvkar: Geoprint, 2018, pp. 144–146.

22. Silaev V. I., Parshukova M. N., Slepchenko S. M., Smoleva I. V., Kiseleva D. V., Shanina S. N., Tropnikov E. A., Khazov A. F. *Ust'-Poluyskoye gorodishche-svyatilishche: opyt mineralogo-geokhimicheskikh issledovaniy chelovecheskikh kostnykh ostankov* (Ust'-Poluisk settlement-sanctuary: experience of mineralogical and geochemical studies of human bone remains). Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2017, 68 p.

23. Silaev V. I., Slepchenko S. M., Bondarev A. A., Smoleva I. V., Kiseleva D. V., Shanina S. N., Martirosyan O. V., Tropnikov E. M., Khazov A. F. *Ust'-ishimskaya kost': mineralogo-geokhimicheskiye svoystva kak istochnik paleontologicheskoy, paleoantropologicheskoy i paleoekologicheskoy informatsii* (Ust'-Ishimskaya bone: mineralogical and geochemical properties as a source of paleontological, paleoanthropological and paleoecological information). Bulletin of Perm University, Geology, 2017, No. 1, pp. 6–30.

24. Streletskaia M. V., Zaitsev M. V., Soloshenko N. G., Kiseleva D. V., Silaev V. I. *Izotopnyy sostav Sr i Nd iskopyayemykh kostnykh ostatkov mamontovoy fauny i cheloveka iz mestorozhdeniy Pechorskogo Priural'ya i Srednego Priirtysh'ya* (Sr and Nd isotopic composition of fossil bone remains of mammoth fauna and humans from the deposits of the Pechora Urals and



Middle Irtysh regions). Metallogeny of ancient and modern oceans-2017. Miass: Institute of Mineralogy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2017, pp. 252–256.

25. Shishlina N. I., Larionova Yu. O., Idrisov I. A., Azarov E. S. *Variatsii izotopnogo sostava strontsiya v obraztsakh sovremennykh ulitok vostochnoy chasti Kavkaza* (Variations of strontium isotopic composition in samples of modern snails from the eastern part of the Caucasus). *Arid systems*, 2016, No. 22, pp. 33–40.

26. Yusupov Sh. *Osobennosti formirovaniya izotopnogo sostava ugleroda v podzemnykh vodakh (na primere rayonov Sredney Azii)* (Features of the formation of the isotopic composition of carbon in groundwater (on the example of the regions of Central Asia)). *Geochemistry*, 1994, No. 5, pp. 732–738.

27. Ambrose S. H. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *J. of Archaeology Science*, 1990, V. 17, pp. 431–451.

28. Ambrose S. N., Buikstra J., Krueger H. W. Status and gender differences in diet at Mound 72, Cahokia, revealed by isotopic analysis of bone. *J. Anthropological Archaeology*, 2003, V. 22, pp. 217–226.

29. Bentley R. A. Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: a review. *J. Archaeol. Method. Th.*, 2006, V. 13, pp. 135–187.

30. Bocherens H., Drucker D. Trophic level isotopic enrichments for carbon and nitrogen in collagen: case studies from recent and ancient Terrestrial ecosystems. *International J. of Osteoarchaeology*, 2003, V. 13, pp. 46–53.

31. Bronk-Ramsey C., Higham T., Bowles A., Hedges R. Improvements to the Pretreatment of Bone at Oxford. *Radiocarbon*, 2004, No. 46, pp. 155–163.

32. Chikisheva T. A., Slepchenko S. M., Zubova A. V., Slavinsky V. S., Tsubankov A. A., Drozdov N. I., Lysenko D. N. An Upper Paleolithic Human Mandible and a First Cervical Vertebra from Afontova Gora II. *Archaeology of Eurasia*, 2016, V. 44/3, pp. 150–157.

33. Copeland S. R., Sponheimer M., Ruitter D. J., Lee-Torp J. A., Codron D., Roux P. J., Grimes V., Richards M. P. Strontium isotope evidence for landscape use by early Hominins. *Nature*, 2011, V. 474, pp. 76–78.

34. Corr L. T., Sealy J. C., Horton M. C., Evershed R. P. A novel marine dietary indicator utilizing compound-specific bone collagen amino acid $\delta^{13}\text{C}$ values of ancient humans // *J. Archaeol. Sci.*, 2005, V. 32, pp. 321–330.

35. Hajdinjak M., Mafessoni F., Vernot B., Hubner A., Fu Q., Essel E., Nagel S., Nickel B., Moldovan J. O. T., Constantin S., Endarova E., Zachariv N., Spasov R., Welker F., Smith G. M., Sinet-Mathiot V., Paskulin L., Fewlass H., Talamo S., Rezek Z., Sirakova S., Sirakov N., McPerron S. P., Tsanova T., Hublin J.-J., Peter B. M., Meyer M., Skoglund P., Kelso J., Paabo S. Unitial Upper Palaeolithic humans in Europe had recent Neandertal ancestry. *Nature*, 2021, V. 592, P. 253–259.

36. Hedges R. E. M., Reynard L. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology. *J. Archaeol. Sci.*, 2007, V. 34, pp. 1240–1251.

37. Hu Ya., Ambrose S. H., Wang Ch. Stable isotopic analysis of human bones from Jianu site Henan, China: implications for the transition to agriculture. *J. of Archaeological Science*, 2009, V. 3, pp. 1319–1330.

38. Eriksson G. Stable isotope analysis of human and faunal remains from Zveinieki Back to the origin. New research in the Mesolithic-Neolithic Zveinieki cemetery and environment, Northern Latvia. *Iund. Acta Archaeologica Lundensia*, 2006, Series 8/52, pp. 183–216.

39. Evershed R. P. Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution. *Archaeometry*, 2008, V. 50, pp. 895–924.

40. Iacumin P., Nicolaev V., Genoni L., Ramigni M., Ryskov Ya. G., Longinelli A. Stable isotope analyses of mammal skeletal remains of Holocene age from European Russia: A way to trace dietary and environmental Changes. *Geobios*. 2004, V. 37, pp. 37–47.

41. Katzenberg M. A. Stable Isotope Ecology and Palaeodiet in the Lake Baikal Region of Siberia. *J. of Archaeological Science*, 1999, V. 26, pp. 651–659.

42. Krigbaum J. Neolithic subsistence patterns northern Borneo reconstructed with stable carbon isotopes of enamel. *J. Anthropological Archaeology*, 2003, V. 22, pp. 292–304.

43. Kuzmin Ya. V. Reconstruction of prehistore and Medieval Dietary Patterusm in the Rossian Far East: a Review of current data. *Radiocarbon*, 2015, V. 57, pp. 571–580.

44. Kuzmin Ya. V., Kosintzev P. A., Razhev D. I., Hodgins G. W. L. The oldest directly-dated human remains in Siberia: AMS ^{14}C age of talus bone from the Baigara locality West Siberian Plain. *J. of Human Evolution*, 2009, V. 57, pp. 91–95.

45. Lee-Thorp J. A., Sealy J. C., Merve N. J. Stable Carbon Isotope Ratio Differences Between Bone Apatite and their Relationship to Diet. *J. of Archaeol. Sci.*, 1989, V. 16, pp. 585–599.

46. Lugli F., Cipriani A., Capocchi G., Ricci S., Boschin F., Boscato P., Lacumin P., Badino F., Mannino M., Talamo S., Richards M., Benazzi S., Ronchitelli A. Strontium and stable isotope evidence of human mobility strategies across the Last Glacial Maximum in southern Italy. *Nature Ecology and Evolution*, 2019, V. 3, pp. 905–911.

47. Merwe N. J., Williamson R. F., Pfeiffer S., Thomas S. C., Allegreto K. O. The Moat field ossuary: isotopic dietary analysis of an Iroquoian community using dental tissue. *Huthropologica Archaeology*, 2003, V. 22, pp. 245–261.

48. Miller A. V., Usmanova E., Logvin V., Kolbina A., Suslov A., Privat K., Haas K., Rosenmeier M. Subsistence and Social Change in central Eurasia: stable isotope analysis of populations spanning the Bronze Age transition, *J. of Archaeological Science*, 2014, V. 42, pp. 525–538.

49. Morales-Perez J. V., Salszar D. C., Ivanez M., Eltruch C. M., Pardo J. F. J., Cebrian C. C. V., Ripoll M. P., Tortoza J. E. A. Finerary practices or food delicatessen? Human remains with anthropic marcs from the Western Mediterranean Mesolithic. *J. Anthropological Archaeology*, 2017, V. 45, pp. 115–130.

50. Murray M., Schoeninger M. J. Diet, status and complex Social Structura in Iron Age Central Europe: some contributions of bone chemistry. Tribe and polity in late prehistoric Europe. N. Y. Plenum Press, 1988, pp. 157–178.

51. Oxilia G., Bortolini E., Badino F., Bernadini F., Gazonni V., Luigli F., Romandini M., Radini A., Terlato G., Marcianni G., Silvestriny S., Sartorio J. C. M., Hohenstein U. T., Fiorenza L., Kulmer O., Tunic C., Cecchi J. M., Talamo S., Fontana F., Presani M., Benazzi S., Cristiani E. Exploring late Paleolithic and Mesolithic diet in the Eastern Alpine region of Italy through multiple proxies. *Amer. J. Physical Anthropology*, 2020, doi: 10.1002/ajdra.24128.

52. Qu Y., Changhu J., Zhang Y., Hu Y., Shang X. Preservation assessments and carbon and oxygen isotopes analysis of tooth enamel of Gigantopithecus blacki and contemporary animals from sane Cave Conzuj, South China during the Early Pleistocene. *Quaternary International*, 2013, V. 30, pp. 1–7.

53. Reyhard B., Balter V. Trace elements and their isotopes in bones and teeth; diet, environ meets, diagenesis and dating



of archaeological and paleontological samples, *Palaeogeography, Palaeoclimatology*, 2014, V. 416, pp. 4–16.

54. Richards M. P., Price T. D., Koch E. The Mesolithic/Neolithic Transition in Denmark: New stable isotope data. *Current Anthropology*, 2003, V. 44, pp. 288–295.

55. Richards M. P., Trinkaus E. Isotopic evidence for the diets of European Neanderthals and early modern humans. *PNAS*, 2009, V. 106, pp. 16034–16039.

56. Schoeninger M. J., DeNiro M. J., Tauber H. Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet. *Science*, 1983, V. 220, pp. 1381–1383.

57. Schulting R. J., Richards M. P. Finding of the coastal Mesolithic in southwest Britain: AMS dates and stable isotope results on human remains from Caldey Island, south Wales. *Antiquity*, 2002, V. 76(294), pp. 1011–1025.

58. Shishlina N. I., Van der Plicht J., Hedges R. E. M., Zazovskaya E. P., Sevastyanov V. S., Chichagova O. A. The Catacomb Cultures of the North-West Caspian Steppe: ^{14}C Chronology, reservoir effect and paleodiet. *Radiocarbon*, 2007, V. 49, pp. 713–726.

59. Sikora M., Pitulko V. V., Sousa V. C., Allentoft M. E., Vinner L., Rasmussen S., Margaryan A., Damgaard P. V. The population history of northeastern Siberia Since the Pleistocene. *Nature*, 2019, V. 570, pp. 182–188.

60. Silaev V. I., Ponomarev D. V., Kiseleva D. V., Smoleva I. V., Simakova Yu. S., Matirosoyan O. V., Vasil'ev E. A., Khazov A. F., Tropnikov E. M. Mineralogical-Geochemical Characteristics

of the Bone Detritus of Pleistocene Mammals as a Source of Paleontological Information. *Paleontological J.*, 2017, V. 51, No. 13, pp. 1395–1421.

61. Tutken T. Die Isotope analyses füssier Skelettreste – Bestimmung der Herkunft und Mobilität von Menschen und Tieren. *Tagungen des Landes museums für vor Geschichte Halle*, 2010, V. 3, pp. 33–51.

62. Tutken T., Furer H., Walter T., Vennemann T. W. Stable isotope composition of mammoth teeth from Nieder-Weningen, Switzerland: Implications for the Late Pleistocene Climate, environment, and diet. *Quart. Int.*, 2007, V. 164, pp. 139–150.

63. Tutken T., Vennemann T. W., Pfitzschner H.-U. Nd and Sr isotope compositions in modern and fossil bones – proxies for vertebrate and taphonomy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2011, V. 75, pp. 5951–5970.

64. Weber A. W., White D., Bazaliiskii V. I., Goriunova O. I., Savely N. A., Katzenberg M. A. Huntergatherer foraging ranges, migration, and travel in the middle Holocene Baikal region of Siberia: Insights from carbon and nitrogen Stable isotope signatures. *J. Anthropological Archaeology*, 2001, V. 30, pp. 523–548.

65. Widga Ch., Walker J. D., Stockli L. D. Middle Holocene Bison diet and mobility in the eastern Great Plains (USA) based on $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analyses of tooth enamel carbonate. *Quaternary Research*, 2010, V. 73, pp. 449–463.

Поступила в редакцию / Received 23.04.2021



Строение, состав и условия формирования четвертичных отложений в Кельтминском погребенном каньоне (юго-восток Республики Коми)

Л. Н. Андреичева, Т. И. Марченко-Вагапова, В. А. Исаков

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
andreicheva@geo.komisc.ru, timarchenko@mail.ru, isakovlad94@gmail.com

В результате проведенного литологического изучения четвертичной толщи в разрезе скв. 17843 выделены три пачки отложений различной мощности и состава. В нижней части скважины, в интервале глубин 43.2–27.0 м (*слои 5, 4d и 4c*), отложения были сформированы, вероятно, во флювиогляциальных условиях. Характерны высокие содержания ильменита (7–14 %) и группы титановых минералов (7–12 %), где повышены концентрации лейкоксена и титанита. Содержания хромшпинелидов возрастают вниз по толще от 2.0 до 4.4 %. В интервале глубин 25.9–23.6 м (*сл. 4b*) вскрывается плотная слабосортированная алевролитистая глина без обломочного материала, генезис ее неясен. Глина характеризуется самым высоким в разрезе выходом тяжелой фракции (1.91 %) и содержит аномально высокое содержание магнетита – в среднем 31 %. Верхние 22 м толщи (*слои 4a и 3–1*) представлены аллювием – хорошо сортированным средне- и мелкозернистым песком с амфибол-ильменит-гранат-эпидотовой ассоциацией тяжелых минералов – и повышенными содержаниями метаморфических минералов (7–10 %), хромшпинелидов (4–6 %) и магнетита (4–8 %). Подобный комплекс тяжелых минералов в отложениях, слагающих каньон, свидетельствует об участии уральских магматических и метаморфических комплексов при их формировании, поступление минералов со стороны Камы представляется весьма сомнительным. Данные палинологического анализа, полученные из *слоев 5, 4d и 4b*, отражают закономерную смену растительности в заключительные этапы межледниковья. Елово-сосновые леса с примесью пихты, кедра, древовидной и кустарниковой берез, ольхи и ивы постепенно замещались тундровыми растительными сообществами, где наряду с болотно-тундровыми формациями имели место ксерофитные сообщества из полыней *Artemisia* sp., маревых *Chenopodiaceae*, редкой *Ephedra* sp.

Ключевые слова: *гранулометрический состав, минеральный состав, палинология, погребенный каньон, сквозная долина, флювиогляциальные отложения, аллювий.*

Structure, composition and conditions of formation of Quaternary sediments in the Keltmin burial canyon (southeast of the Komi Republic)

L. N. Andreicheva, T. I. Marchenko-Vagapova, V. A. Isakov

Institute of Geology, FRC Komi Science Center, UB RAS, Syktyvkar
andreicheva@geo.komisc.ru, timarchenko@mail.ru, isakovlad94@gmail.com

Our lithological study of the Quaternary strata in the section of the well 17843 resulted in identification of three sediments sequences of various thickness and composition. In the lower part of the well, at depths of 43.2–27 m (*layers 5, 4d and 4c*), the sediments were formed probably in fluvio-glacial conditions. The sediments are characterized by high content of ilmenite – 7–14 %, and group of titanium minerals – 7–12 %, where concentrations of leucoxene and titanite are increased. The content of chromespinellides increases downwards from 2 to 4.4 %. In the depth interval 25.9–23.6 m (*lay 4b*), a dense, poorly-sorted silty clay without clastic material is exposed; its genesis is unclear. Clay is characterized by the highest amount of heavy fraction in the section – 1.91 %, and contains an abnormally high amount of magnetite – on average 31 %. The upper 22 m of the sequence (*layers 4a and 3–1*) are represented by alluvium – well-sorted medium-fine-grained sand with amphibole-ilmenite-garnet-epidote association of heavy minerals and increased amounts of metamorphic minerals – 7–10 %, chromespinellides – 4–6 %, and magnetite – 4–8 %. Such complex of heavy minerals in the sediments, forming the canyon, testifies to the participation of the Ural magmatic and metamorphic complexes in their formation; the supply of minerals from the Kama seems to be very problematic. Palynological analysis data obtained from *layers 5, 4d*, and *4b* reflect a regular vegetation change of the final stages during the interglacial. Spruce-pine forests with fir, cedar, treelike and dwarf birches, alder and willow were gradually replaced by tundra plant communities, where, along with bog-tundra formations, there were xerophytic communities with wormwood *Artemisia* sp., Chenopodiaceae, and rare *Ephedra* sp.

Keywords: *granulometric composition, mineral composition, palynology, buried canyon, through valley, fluvio-glacial deposits, alluvium.*

Для цитирования: Андреичева Л. Н., Марченко-Вагапова Т. И., Исаков В. А. Строение, состав и условия формирования четвертичных отложений в Кельтминском погребенном каньоне (юго-восток Республики Коми) // Вестник геонаук. 2021. 5(317). С. 27–36. DOI: 10.19110/geov.2021.5.2.

For citation: Andreicheva L. N., Marchenko-Vagapova T. I., Isakov V. A. Structure, composition and conditions of formation of quaternary sediments in the Keltmin burial canyon (southeast of the Komi Republic). Vestnik of Geosciences, 2021, 5(317), pp. 27–36, doi: 10.19110/geov.2021.5.2.

Введение

Впервые глубокая долина-каньон, располагающаяся на Вычегодско-Камском водоразделе и соединяющая бассейны верхней Камы и Вычегды, была вскрыта в долине р. Кельтмы в середине прошлого века Печорско-Вычегодской экспедицией. Бурением было установлено существование на месте долины рек Северной и Южной Кельтм погребенной долины-каньона шириной 5 км и глубиной более 100 м в пермских известняках [14]. При этом С. А. Яковлев полагал, что сквозная долина рек Северной и Южной Кельтм служила для стока речных и флювиогляциальных вод, переливающихся из одного бассейна в другой. Основываясь на изучении состава гальки из флювиогляциального галечника в основании каньона, предыдущие исследователи сделали вывод об образовании этих отложений за счет новоземельских пород при стоке вод в юго-восточном направлении в сторону Камы. Участие Урала и Фенноскандинавии в поставке обломочного материала при формировании флювиогляциальных отложений отрицалось.

В 2017 году под четвертичными отложениями в долине р. Кельтмы скважиной 17843 (глуб. 45.3 м) этот погребенный глубокий каньон был вскрыт повторно (рис. 1). В задачи наших исследований входило установление времени формирования сквозной долины и выявление возможности переливания вод подпрудных озер сквозь эту ложбину из Вычегды в Каму. Кроме того, немаловажным являлось установление направления движения флювиогляциальных потоков через ложбину с целью выявления типов пород, за счет которых в каньоне формировались отложения квартера. С этой целью был изучен минеральный состав четвертичных отложений, слагающих Кельтминский каньон, ранее предшественниками не изучавшийся.

Материалы и методы исследований

Керн для изучения из скв. 17843 в объеме 70 образцов был предоставлен заведующим отделом палеогеографии четвертичного периода Института географии РАН А. В. Паниным, которому авторы выра-

жают признательность. Для генетического и стратиграфического расчленения четвертичной толщи отложения были проанализированы гранулометрическим и палинологическим методами.

Гранулометрический состав отложений изучен для получения их структурной характеристики: размеров слагающих частиц (d_{cp}) и степени сортированности осадков (S_c) — важного показателя предварительной диагностики их генезиса. Гранулометрический анализ выполнялся по методике Н. А. Качинского [8] с применением ситового и пипеточного методов. Фракционное разделение материала песчано-гравийной размерности проводилось методом мокрого ситования. Глинисто-алевритовая фракция размером менее 0.1 мм исследовалась пипеточным методом. Карбонатность определялась в процессе предварительной обработки образцов пород раствором 10 %-ной соляной кислоты. Использовался способ выражения сортированности отложений через нормированную энтропию, которая зависит только от веса фракций и не зависит от размера зерен [4, 5]. Коэффициент сортировки при этом изменяется от нуля до единицы и растет в направлении увеличения сортированности: при наихудшей сортировке мелкозема $S_c = 0$, для однофракционных отложений $S_c = 1$. Результаты гранулометрического анализа интерпретировались с помощью гистограмм, кумулятивных кривых, различных диаграмм: треугольных, парных, генетических.

Изучение минералогического состава тяжелой фракции проводилось с целью выявления области денудации и сноса материала при осадконакоплении. Для выполнения минералогических анализов из двухсотграммовой навески отмывалась фракция менее 0.01 мм по методике М. Ф. Викуловой [6]. Оставшаяся часть осадка делилась на гранулометрические фракции. Проблема выбора представительной размерности тяжелой фракции для исследования минерального состава уже полвека обсуждается в литературе. По нашему мнению, минеральный состав тяжелой фракции четвертичных отложений на Европейском Северо-Востоке России целесообразно изучать в мелкопесчаной фракции — 0.25–0.1 мм — представительной по весу и наиболее доступной для изучения, а также достаточно полно отражающей состав питающих провинций [1, 2]. Тяжелые минералы мелкопесчаной фракции выделялись в процессе обработки тяжелой жидкостью «Бромформ» с плотностью 2.75–2.82 г/см³, далее проводились их магнитная сепарация, взвешивание, изучение под бинокляром, в иммерсионных препаратах, при необходимости — фотометодом и на сканирующем микроскопе.



Рис. 1. Местоположение скважины 17843

Fig. 1. Location of the well 17843



Лабораторная обработка проб для спорово-пыльцевого анализа (СПА) осуществлялась по общепринятым методикам: сепарационной В. П. Гричука, щелочной Леннарта фон Поста и ацетолизной Г. Эрдтмана [7, 11, 15]. Из разных литотипов пород для мацерации образцов отбирались различные навески: из песков — 200 г, из суглинков — 100 г, из торфов — от 5 до 20 г. Палиноморфы изучались под микроскопом Motic BA 300 при увеличениях 400^X и 600^X, в каждом образце определялось не менее 300 зерен пыльцы и спор. Спорово-пыльцевые диаграммы строились с помощью программы TILIA. Интерпретация и расчет результатов СПА проводились групповым способом. Споры и пыльца в спектрах объединялись в группы (пыльца деревьев и кустарников, пыльца трав, споры), далее определялось процентное содержание видов спор и пыльцевых зерен от 100 % отмеченных форм. Результаты представлялись в виде палинологических диаграмм.

Результаты исследований и их обсуждение

В интервале глубин 0.65—43.2 м скв. 17843 четвертичные отложения проанализированы гранулометрическим, минералогическим и палинологическим методами. По результатам литологического изучения в разрезе выделены три пачки отложений различной мощности и состава, представленные флювиогляциальными, аллювиальными и осадками неясного генезиса. Описание разреза и характеристика отложений приводятся в стратиграфической последовательности.

В основании разреза на глубине 43.2—40.4 м выделен **слой 5**, в котором вскрываются тонко- и мелкозернистые буровато-серые пески, вверх по слою переходящие в алевриты (рис. 2). При некотором ухудшении степени сортированности и существенном повышении вверх по слою суммарной карбонатности отложений от 5.3 до 17.3 % в том же направлении от 0.153 до 0.024 мм уменьшается $d_{ср}$ (табл. 1). Мелкозернистая фракция песков (0.25—0.1 мм) характеризуется ильменитом (12 %)-амфибол (13.1 %)-гранат (17.3 %)-эпидотовой (21.8 %) ассоциацией тяжелых минералов с повышенным содержанием метаморфических минералов (кианит, ставролит, силлиманит) — 10.3 % — и хромшпинелидов — 4.4 % (табл. 2, рис. 3).

В слое 5 выделены два спорово-пыльцевых комплекса, отражающих этапы изменения природных условий (рис. 4). В общем составе **спорово-пыльцевого комплекса I** (глубина 42.8—41.8 м) преобладает пыльца древесных растений (почти 58 %). Доля трав достаточно велика (29 %), участие спор колеблется в пределах 16—25 %. Среди древесных форм превалируют хвойные растения: *Pinus sylvestris* составляет до 28 %, *Picea* sp. (в среднем 15—17 %), *Pinus sibirica*, *Abies* sp. единичны. Пыльца видов рода *Betula* sp. встречена в значительно меньшем количестве. Отмечены *Betula* sect. *Fruticosae* (в среднем 4 %), *Betula* sect. *Albae* — до 2 %, *Betula nana* — 1.5 %. В небольших количествах присутствует пыльца *Alnus* sp., *Salix* sp.

Состав травянистых растений довольно разнообразен. Отмечена пыльца *Artemisia* sp., *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Ericaceae/Vacciniaceae*. Из разнотравья встречены *Ranunculaceae*, *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*. Среди

споровых растений преобладают *Sphagnum* sp. (более 12 %) и папоротники сем. *Polypodiaceae* (почти 11 %). В небольших количествах присутствуют *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*, *Selaginella selaginoides*.

Этот спорово-пыльцевой спектр характеризует развитие елово-сосновых лесов со значительной примесью березы (в основном кустарниковой), ольхи и ивы. Климат был достаточно благоприятным.

Спорово-пыльцевой комплекс II выделен в интервале глубин 41.65—40.80 м. Количество пыльцы древесных растений в общем составе возрастает до 65 %, содержание трав колеблется от 15 до 36 %, спор — от 14.8 до 28.7 %. Состав и структура группы древесных сохраняется. Среди хвойных пород преобладает то *Pinus sylvestris* (40 %), то *Picea* sp. (28.4 %). Чаще встречаются *Pinus sibirica*, *Abies* sp. Участие *Betula* sp. немного возросло: *Betula* sect. *Fruticosae* — от 0.5 до 9.7 %, *Betula* sect. *Albae* — от 1.5 до 7.3 %, доля *Betula nana* уменьшилась (0.2—2.6 %).

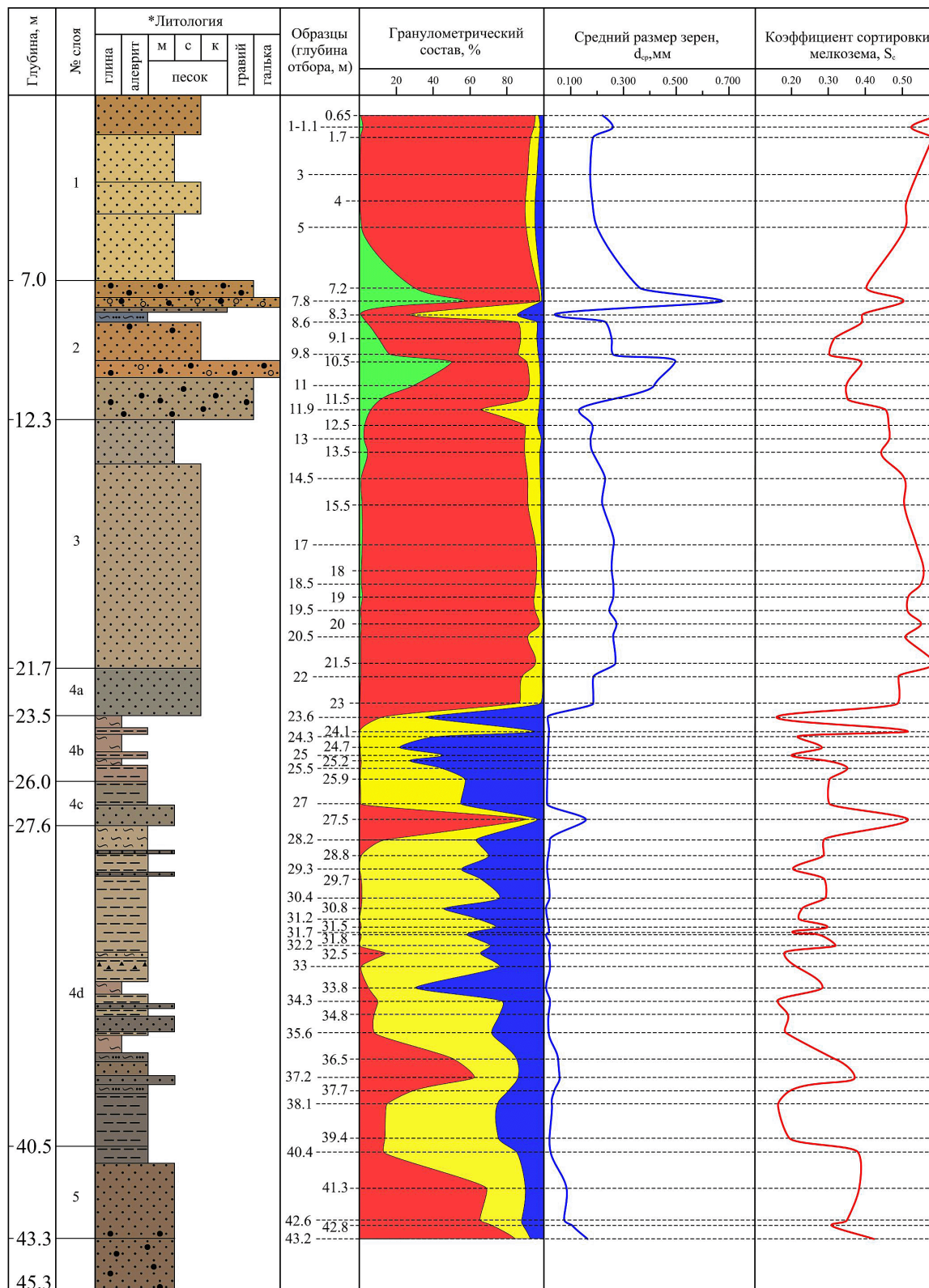
Группа травянистых растений становится более разнообразной. Отмечены представители *Artemisia* sp., *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Ericaceae/Vacciniaceae*, *Ranunculaceae*, *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Onagraceae*, *Apiaceae*, *Valerianaceae*, *Liliaceae*, *Geraniaceae* и других. В составе споровых растений по-прежнему преобладают *Sphagnum* sp. (до 16.5 %) и папоротники сем. *Polypodiaceae* (более 10 %). В небольших количествах присутствуют *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*, *L. annotinum*, *L. Aprissum*; *Osmunda* sp. *Selaginella selaginoides* единичен.

Палинологический спектр указывает на дальнейшее распространение лесных территорий, где лесобразующими породами служили ель и сосна. В качестве примеси присутствовали пихта, кедр, древовидная и кустарниковая березы, ольха и ива. На открытых участках развивалась луговая и болотная растительность. Климатические условия стали еще более благоприятными.

В интервале глубин 39.4—22.0 м выделена **пачка 4**, сложенная переслаивающимися темно-серыми и серыми с коричневым оттенком глинами и серо-коричневыми, иногда красновато-бурыми алевритами без включений обломочного материала. В результате проведенных исследований эта пачка подразделена на четыре слоя.

Слой 4a мощностью 11.2 м (глубина 39.4—28.2 м) представлен преимущественно алевритами глинистыми, местами опесчаненными, с маломощными прослоями глин. Степень сортированности отложений средняя до низкой ($S_c = 0.37—0.16$), суммарная карбонатность повышена, в отдельных образцах достигает 14—16 %. Тяжелая фракция сложена амфибол (12.7 %)-гранат (17.8 %)-эпидотовой (22.5 %) минеральной ассоциацией с высокими содержаниями в нижней части слоя группы титановых минералов (рутил, титанит, лейкоксен) — до 18.1 %, магнетита — до 8.5 % и пирита с сидеритом, в сумме составляющих 17.3 %. В верхней части слоя до 4.4 % повышено количество хромшпинелидов.

В составе **спорово-пыльцевого комплекса III** (глубина 39.85—39.45 м) численность пыльцы и спор в целом сокращается (рис. 4). По-прежнему преобладает пыльца древесных растений, но количество ее несколь-



*Цвета отложений в литологической колонке отражают их естественную окраску

Условные обозначения:



Рис. 2. Строение и гранулометрический состав отложений в скв. 17843:

1 – песок с гравием и галькой; 2 – песок с гравием; 3 – песок; 4 – алеврит; 5 – супесь; 6 – суглинок; 7 – глина; 8 – дресва; 9 – гравий (>1 мм); 10 – песок (1.0–0.1 мм); 11 – алеврит (0.10–0.01 мм); 12 – глина (<0.01 мм)

Fig. 2. Structure and granulometric composition of sediments in the well 17843:

1 – sand with gravel and pebbles; 2 – sand with gravel; 3 – sand; 4 – silt; 5 – sandy loam; 6 – loam; 7 – clay; 8 – gruss; 9 – gravel (> 1 mm); 10 – sand (1.0–0.1 mm); 11 – silt (0.10–0.01 mm); 12 – clay (<0.01 mm)



Таблица 1. Гранулометрический состав отложений в скв. 17843

Table 1. Granulometric composition of sediments in the well 17843

№ слоя Layer No	№ обр., глубина, м Sample No., depth, m	Карбонат- ность, % Carbonate content, %	Содержание фракций, %, размер, мм Content of fractions, %, size, mm				Средний диаметр Average diameter, dcp	Коэффициент сортировки Sorting coefficient, Sc
			2–1	1.0–0.1	0.10–0.01	<0.01		
1	0.65	0.4	0.6	96.3	1	2.1	0.220	0.60
	1.0–1.1	0.3	2.2	94.5	1.6	1.6	0.265	0.53
	1.7	0.6	0.5	93.8	3.3	2.4	0.189	0.58
	3	0.6	0.3	91.2	5.5	3.1	0.170	0.56
	4	0.3	0.3	91.1	5.2	3.5	0.185	0.53
	5	0.3	1.8	91.6	4.2	2.4	0.203	0.52
2	7.2	0.7	33.1	62.7	1.8	2.5	0.367	0.40
	7.8	0.6	57.2	40.7	0.5	1.5	0.689	0.51
	8.3	1.7	1.6	25.3	59.2	13.9	0.049	0.39
	8.6	0.5	5.3	80.4	11.2	3.1	0.224	0.39
	9.1	0.4	11.4	76.2	9.3	3.1	0.262	0.33
	9.8	0.7	16.2	70.6	10.5	2.8	0.264	0.30
	10.5	0.3	48.5	42.8	6.8	1.8	0.500	0.38
	11	0.2	32.3	60.6	5.7	1.4	0.415	0.35
11.5	0.3	14.2	77.8	5.5	2.5	0.271	0.36	
3	11.9	0.7	7.5	56.4	34.1	2	0.132	0.45
	12.5	1.2	3.4	86.8	7.1	2.6	0.180	0.46
	13	0.9	3	87.2	6.8	3	0.174	0.47
	13.5	1.8	4.8	85.6	6.9	2.7	0.187	0.44
	14.5	0.8	2.1	91.6	4.4	1.8	0.239	0.51
	15.5	0.5	2.5	90	5.7	1.8	0.232	0.51
	17	0.5	2.3	92.3	4	1.4	0.260	0.54
	18	0.8	1.1	93.9	3.6	1.4	0.252	0.56
	18.5	0.9	2.2	91.9	4.3	1.6	0.260	0.55
	19	0.4	2.1	91.7	5.4	0.9	0.261	0.52
	19.5	1.5	1.4	93	4.7	0.9	0.247	0.52
	20	4.8	2.3	95.9	0.8	1.1	0.270	0.55
	20.5	0.7	1.3	88	9.8	0.9	0.253	0.51
	21.5	2.3	1.1	94.6	3.3	1.1	0.270	0.59
4a	22	1.3	1	86	11.2	1.9	0.189	0.49
	23	0.1	0.3	85.9	11.4	2.5	0.188	0.48
4b	23.6	7.6	0	12.7	23.2	64.1	0.007	0.16
	24.1	7.4	0	0.1	94	5.9	0.019	0.53
	24.3	8	0	0.2	39.1	60.7	0.007	0.23
	24.7	8	0	0.2	22.1	77.6	0.004	0.27
	25	7.2	0	0.2	43.6	56.3	0.008	0.20
	25.2	6.9	0	2.2	25.3	72.4	0.005	0.27
	25.5	9.2	0	0.3	43.1	56.6	0.007	0.35
25.9	7.8	0	0.4	57	42.5	0.009	0.30	
4c	27.0	9.7	0	0.5	55.2	44.3	0.008	0.30
	27.5	2.4	0	90	6.8	3.2	0.160	0.53
4d	28.2	11.4	0	14.4	48.6	37.1	0.016	0.27
	28.8	9.9	0	1.8	68.2	30	0.014	0.28
	29.3	13.7	0.1	0.3	55.2	44.4	0.011	0.21
	29.7	14.5	0	1.2	64.2	34.6	0.013	0.28
	30.4	12.5	0	1.4	74.7	23.9	0.016	0.29
	30.8	14.1	0	1.2	45.6	53.3	0.008	0.24
	31.2	12.6	0	0.7	64.2	35.1	0.012	0.23
	31.5	14.7	0	1.1	73.1	25.8	0.015	0.30
	31.7	13.2	0	0.7	61.4	37.9	0.014	0.20
	31.8	10.2	0	1.7	57.3	41	0.009	0.28
	32.2	16.2	0	0.3	71.4	28.3	0.021	0.32
	32.5	11.3	0	15.2	50.9	33.9	0.015	0.17
	33	10.7	0	2.1	74.7	23.2	0.019	0.23
	33.8	9	0	4.8	26.2	69	0.005	0.28
	34.3	8.8	0	9.9	67.2	22.9	0.023	0.16
	34.8	10.1	0	7.3	69.3	23.5	0.021	0.18
	35.6	12.5	0	7.4	65.4	27.3	0.019	0.17
	36.5	7.5	0	51.4	33.9	14.7	0.052	0.32
	37.2	6.1	0	62.2	24.1	13.7	0.063	0.37
	37.7	8.5	0	30.1	51.7	18.1	0.031	0.19
38.1	10.2	0	15.3	60.5	24.2	0.021	0.16	
39.4	15.2	0	14.4	60.9	24.7	0.019	0.18	
5	40.4	17.3	0.3	13.6	71.8	14.3	0.024	0.38
	41.3	10.5	0	69.2	21.5	9.3	0.081	0.38
	42.6	6.5	0.1	65.9	22.7	11.3	0.073	0.35
	42.8	8.3	1.6	72.2	17.5	8.7	0.111	0.31
	43.2	5.3	0.6	84.5	8.6	6.4	0.153	0.43

Таблица 2. Минеральный состав тяжелой фракции отложений в скв. 17843
Table 2. The mineral composition of the heavy fraction of sediments in the well 17843

№ обр., глубина / Sample No., depth	4	7.8	9.8	11.5	13.5	17	20.5	23	23.6	24.1	25.1	25.5	27	27.5	28.5	35.2	40.4	43.2
№ слоя / Layer No.	1	2			3			4a	4b				4c		4d		5	
ВТФ, % / Yield of heavy fractions, %	0.41	1.39	1.24	0.8	0.46	0.88	0.8	0.58	1,76	1,31	3,05	1,5	0.25	0.67	1.12	0.66	1.77	0.45
Магнетит / Magnetite	4.4	7.1	3.9	5.7	11.8	6.9	5.5	6.4	22.4	41,7	24,6	34,4	7	8.7	2.1	8.5	0.1	0.1
Ильменит / Ilmenite	11.7	16.3	16.1	13.2	13.2	13.6	11.2	12.2	2.4	1,1	24,1	2,3	12.5	15	5.6	8.1	13.9	10.1
Эпидот / Epidote	26.7	22.7	26.9	30.6	23.5	24.7	25.1	22.1	18.8	20,1	14,2	10,1	19.1	18.1	28.1	16.8	18.7	25.1
Амфибол / Amphibole	9.4	12.3	11.3	8.6	10.5	10.8	18	13.5	10.6	10,4	7,7	6,3	13.2	14.7	16.1	9.2	12.2	13.9
Гранат / Garnet	25.2	23.4	18.7	20.1	18.2	18.2	18.5	20.8	14.9	10,6	8,5	6,7	18.7	18.8	29.1	6.4	18.2	16.4
Пирит / Pyrite								ед. зн.							0.2	7.6	6.4	2.8
Сидерит / Siderite							0.4	4.2	0.2		9,7	0,1	7.3	5.2	0.1	9.7	4.2	1.8
Циркон / Zircon	0.9	1.1	1.9	1.1	2.4	2	0.7	1.6	5.5	ед. зн.	0,1	6,4	1.2	1.6	1.2	3.4	4.7	1.1
Рутил / Rutile	0.4	0.5	1	0.8	0.7	1.2	0.4	0.9	1.7	ед. зн.	0,1	2,7	0.7	0.8	0.9	2	1.7	1
Титанит / Titanite	2.4	0.5	1.7	1.5	2.3	2.2	2.2	2.1	4.8	3,3	0,2	7,3	4.2	2.6	2.1	4.9	2.5	2.5
Лейкоксен / Leucoxene	3.4	1	2.9	1.5	1.3	3.9	3.1	2.4	5.8	8,7	0,3	6,8	5.3	2.6	1.9	11.2	2.2	3.4
Группа титановых минералов Group of titanium minerals	6.2	2	5.6	3.8	4.3	7.2	5.7	5.3	12.3	12	0,5	16,9	10.2	6	4.8	18.1	6.5	6.8
Кианит / Kyanite	2.2	1	4.1	1.4	1.3	2.9	4.2	2.8	5.1	3,8	0,3	5,9	3.7	2.7	1.9	5.9	2.7	3.6
Ставролит / Staurolite	7.1	3.8	4.5	5.8	5.4	5.3	4.8	6.7	2.2	0,3	4,2	4,6	1.7	3.7	2.7	1	2.7	11.2
Силлиманит / Sillimanite	0.4	0.1	0.5	0.2	0.2	0.4	ед. зн.	0.3			ед. зн.	0,5	0.2	0.3	0.2		0.3	ед. зн.
Группа метаморфических минералов Group of metamorphic minerals	9.6	4.9	9.1	7.5	6.9	8.6	8.9	9.8	7.3	4,1	4,4	11	5.6	6.7	4.7	6.8	5.7	14.8
Турмалин / Tourmaline	3.1	1.3	1.6	0.8	0.7	1.3	1.6	0.4	1.6	ед. зн.	0,1	0,8	1.1	0.6	2.1	0.6	1.2	1.1
Апатит / Apatite			1.5	0.2	1.1	1.2	2	1.2	2.7		0,2	4,1	2.1	1.1	1.3	3.9	2.2	1
Пироксен / Pyroxene	1.0	1.5	0.5	0.2	2.1	0.4	0.7	0.3	ед. зн.	ед. зн.	0,7	0,7	0.2	0.3		0.5	0.6	1.7
Хромшпинелид / Chrome spinel	1.8	7.5	2.8	8.3	5.4	5.2	1.8	2.2	1.3	0,1	5	0,3	1.1	2.2	4.4	0.4	5.5	3.2

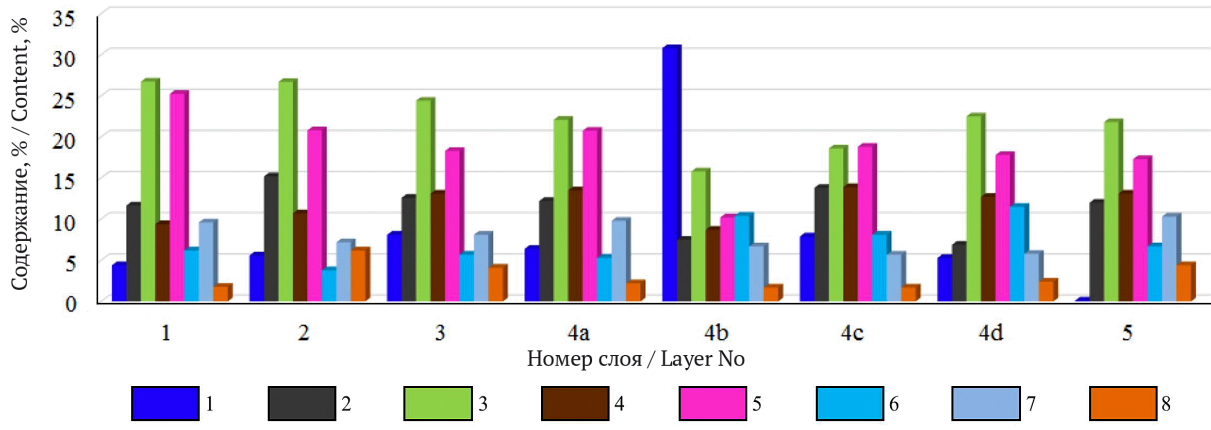


Рис. 3. Средний минеральный состав тяжелой фракции отложений в скв. 17843:

1 – магнетит; 2 – ильменит; 3 – эпидот; 4 – амфибол; 5 – гранат; 6 – группа титановых минералов; 7 – группа метаморфических минералов; 8 – хромшпинелид

Fig. 3. The average mineral composition of the heavy fraction sediments in the well 17843:

1 – magnetite; 2 – ilmenite; 3 – epidote; 4 – amphibole; 5 – garnet; 6 – group of titanium minerals; 7 – group of metamorphic minerals; 8 – chrome spinel

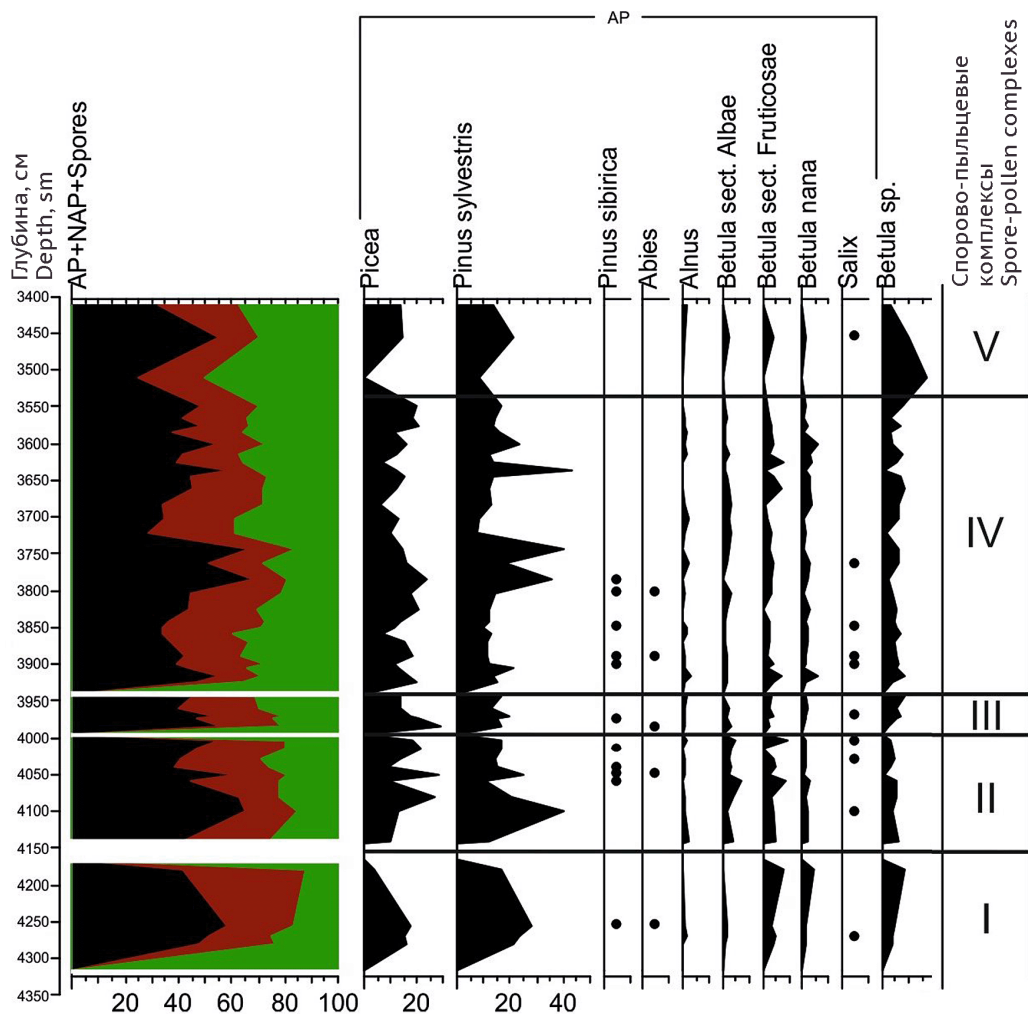


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений в скв. 17843

Fig. 4. Spore-pollen diagram of sediments in in the well 17843



ко уменьшается. Доля трав по-прежнему достаточно велика (23—31%), участие спор возрастает до 31 %. Общая структура комплекса сходна с комплексом II. Преобладают хвойные растения, но их участие немного сокращается: *Picea* sp. снижается с 28 до 13.5 %, *Pinus sylvestris* составляет до 19 %, *Pinus sibirica*, *Abies* sp. вверх по разрезу исчезают. Участие пыльцы сем. Betulaceae также снижается: *Betula* sect. *Albae* содержится в количестве немногим более 3 %, *Betula* sect. *Fruticosae* — 4.4 %, *Betula nana* и *Alnus* sp. — до 1.7 %.

Состав травянистых растений становится беднее. Среди споровых по-прежнему преобладают *Sphagnum* sp. и папоротники сем. Polypodiaceae. В небольших количествах присутствуют *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*, *L. annotinum*, *Botrychium* sp., *Selaginella selaginoides*.

Палинологический спектр указывает на сокращение лесных елово-сосновых группировок с незначительной примесью пихты, кедра, древовидной и кустарниковой берез, ольхи и ивы. На открытых участках развивалась луговая и болотная растительность. Климатические условия еще оставались благоприятными.

Спорово-пыльцевой комплекс IV выделен в интервале глубин 39.25—37.45 м. В общем составе спектра по-прежнему в целом преобладает пыльца древесных растений (34—66 %), в некоторых образцах превалирует пыльца травянистых растений, которая составляет 13—37 %. Споровых растений отмечено от 16 до 40 %.

Количественные соотношения пыльцы сохраняются. Преобладают хвойные растения: *Picea* sp., *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica*, *Abies* sp. Пыльца сем. Betulaceae занимает подчиненное положение. Разнообразие групп травянистых уменьшается. Среди споровых растений по-прежнему преобладают *Sphagnum* sp. (колеблется от 11 до 25 %) и папоротники сем. Polypodiaceae (более 12 %). Единично отмечены плауны, а также *Botrychium* sp., *Selaginella selaginoides*.

Палинологический спектр этой зоны свидетельствует о том, что на территории лесные группировки сохраняли свое доминирующее положение. В почвенном покрове развивались болотно-травянистые сообщества.

В спектрах **спорово-пыльцевого комплекса V** (глубина 37.20—34.15 м) общее количество спор и пыльцы значительно сокращается. Среди отмеченных древесных пород преобладают хвойные растения, но в целом их участие продолжает уменьшаться: *Pinus sylvestris* содержится в количестве от 8 до 23 %, *Picea* sp. в среднем составляет 12—20 %, *Pinus sibirica* и *Abies* sp. исчезают. Пыльца сем. Betulaceae по-прежнему занимает подчиненное положение: *Betula* sect. *Albae* — до 2.6 %, *Betula* sect. *Fruticosae* — 1—7 %, *Betula nana* — 0.6—6%. *Alnus* sp., *Salix* sp. единичны.

Состав травянистых растений сохраняется. Отмечены *Artemisia* sp., Chenopodiaceae, Cyperaceae, Poaceae, Ericaceae/Vacciniaceae. Разнотравье представлено Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Rosaceae, Polygonaceae, Asteraceae, Apiaceae и др. Среди споровых растений по-прежнему преобладают *Sphagnum* sp. (до 27%) и папоротники сем. Polypodiaceae (более 17 %). Единично встречены *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*, *L. annotinum*, *Selaginella selaginoides*.

Палинологический спектр этой зоны свидетельствует о том, что на территории лесные группировки потеряли свое доминирующее положение. В почвенном покрове развивались болотно-травянистые сообщества. Климатическая обстановка ухудшилась.

Слой 4с (глубина 27.5—27 м) в нижней части сложен песком средне- и мелкозернистым, выше — алевритом глинистым, темно-серым с коричневатым оттенком, очень плотным, менее карбонатным, чем ниже по разрезу (табл. 1). Степень карбонатности составляет 2.4—9.7 %. Для песчано-алевритовых отложений характерна ильменит(13.8 %)-амфибол(13.9 %)-эпидот(18.6 %)-гранатовая(18.8 %) ассоциация тяжелых минералов с повышенным содержанием титановых минералов — 8.1% и высокой концентрацией магнетита — 7.9 % (табл. 2, рис. 3).

Слой 4б в интервале глубин 25.9—23.6 м представлен плотной темно-серой с коричневым оттенком слабосортированной алевритистой глиной ($S_c = 0.29$) без обломочного материала, со средним диаметром частиц (d_{cp}), равным 0.008 мм. Эта глина определяется самым высоким в разрезе скважины ВТФ (в среднем 1.91 %) и аномально высоким содержанием магнетита — 30.8 %, в отдельных пробах достигающим 41.7 %. На эпидот приходится 15.8 %, титановые минералы составляют 10.4 %. Отложения из верхней части слоя обогащены гранатами, составляющими в среднем 12.8 %, и амфиболами — 10.5 %, тогда как в нижней части слоя этих минералов содержится почти вдвое меньше. В средней части слоя до 5 % повышено количество хромшпинелидов.

На глубине 34—24 м отложения исследованы палинологически, в них отмечены пыльца и споры в небольших количествах до единичного. Среди встреченных форм основную массу составляют травянистые растения, несколько меньше споровых и древесных. Среди зафиксированной пыльцы древесных растений доля хвойных значительно снижается: встречена *Pinus sylvestris*, *Picea* sp. исчезает вверх по разрезу. В составе пыльцы сем. Betulaceae чаще отмечена пыльца *Betula nana*, встречена *Betula* sect. *Fruticosae*, *Alnus* sp. — единичен, *Betula* sect. *Albae* не отмечена.

В составе травянистых растений преобладающими становятся *Artemisia* sp. и Chenopodiaceae. Единична встречаемость пыльцы *Ephedra* sp., Poaceae, Ericaceae/Vacciniaceae. Участие разнотравья снижается. Среди споровых растений по-прежнему преобладают *Sphagnum* sp. (до 33 %) и папоротники сем. Polypodiaceae (до 14—16 %). *Lycopodium clavatum*, *Lycopodium* sp. отмечаются единично.

По небольшому количеству зерен спор и пыльцы трудно судить о формировании растительности, однако можно предположить, что развивались тундровые растительные сообщества. Наряду с болотно-тундровыми формациями имели место ксерофитные сообщества из полыней *Artemisia* sp., маревых Chenopodiaceae, *Ephedra* sp. Все это свидетельствует о холодных климатических условиях.

Слой 4а (глубина 23—22 м) представлен темно-серым, довольно хорошо сортированным мелкозернистым песком ($S_c = 0.48—0.49$) с редким гравием и очень низкой суммарной карбонатностью — 0.1—1.3 %. Тяжелая фракция сложена ильменит(12.2 %)-амфибол(13.5 %)-гранат(20.8 %)-эпидотовой(22.1 %) ассо-



циацией минералов с повышенным содержанием магнетита (6.4 %) и метаморфических минералов (9.8 %).

В слое 3 (интервал глубин 21.5–11.9 м) вскрывается серый мелкозернистый, хорошо сортированный песок с содержанием гравия, составляющим первые проценты и возрастающим вверх по слою до 7.5 %. В этом же направлении отмечается некоторое снижение степени сортированности отложений от 0.59 в нижней части слоя до 0.45 в верхней. Тяжелую фракцию составляет ильменит (12.6 %)–амфибол (13.1 %)–гранат (18.3 %)–эпидотовая (24.4 %) минеральная ассоциация с повышенными концентрациями метаморфических минералов (8.1 %) и хромшпинелидов (4.1 %). Минеральный состав весьма сходен с таковым в сл. 5. Отличие состоит лишь в содержаниях магнетита: в сл. 5 он составляет 0.1 %, тогда как в рассматриваемом сл. 3 его значение повышено в среднем до 8.1 %.

Слой 2 (глубина 11.5–7.2 м) представлен песком желтовато- и серо-коричневым, разнозернистым, преимущественно средне- и крупнозернистым. На глубине 9.8–8.3 м выходят среднесортированные средне- и мелкозернистые пески до алевритов с S_c , равным 0.30–0.39. В нижней части слоя (11.5–10.5 м) и в кровле (7.8–7.2 м) это гравийно-песчаные отложения с редкой мелкой галькой (табл. 1, рис. 2). Отложения характеризуются высоким выходом тяжелой фракции – 1.14 %, составляющей амфибол (10.7 %)–ильменит (15.2 %)–гранат (20.8 %)–эпидотовую (26.4 %) ассоциацию с повышенными содержаниями магнетита (5.6 %), хромшпинелидов (6.2 %) и метаморфических минералов (7.2 %).

Слой 1 начинается с глубины 5 м (до поверхности) и сложен хорошо сортированными средне- и мелкозернистыми песками с единичным гравием. Цвет песков серый, в верхнем метре слоя коричневый. Тяжелые минералы слагают амфибол (9.4 %)–ильменит (11.7 %)–гранат (25.2 %)–эпидотовую (26.7 %) ассоциацию, в которой 9.6 % составляют метаморфические минералы, а содержание магнетита повышено до 4.4 % (табл. 2, рис. 3).

В целом в нижней части скважины (**слои 5, 4d и 4c** в интервале глубин 43.2–27.0 м) наблюдается переслаивание песков глинисто-алевритовых (**слои 5 и 4c**) и алевритов глинистых (**сл. 4d**). Для этой толщи характерны высокие содержания титановых минералов (рутил, титанит, лейкоксен) – 6.7–11.5 % – за счет повышенных концентраций лейкоксена и титанита. Количество ильменита изменяется от 13.8 до 6.8 %. Содержания хромшпинелидов вниз по толще возрастают от 1.7 до 4.4 %. Эта толща была сформирована предположительно во флювиогляциальных условиях, на что, во-первых, может указывать более высокая суммарная карбонатность этих отложений по сравнению с аллювием [13]. Низкая карбонатность аллювия определяется резко подчиненным значением обломков карбонатных пород по отношению к другим, более устойчивым породам из-за их быстрого механического разрушения в условиях речного стока. Во-вторых, флювиогляциальные осадки характеризуются многообразием литотипов отложений от алевритов до галечников, что обусловлено изменчивостью гидродинамических условий при их формировании и, соответственно, принадлежностью их к различным генетическим подгруппам.

Флювиогляциальные отложения перекарываются плотной глиной неясного генезиса, без обломочного

материала, вскрытой в интервале глубин 25.9–23.6 м (**сл. 4b**). В глине до 1.91 % повышено содержание тяжелых минералов, которые слагают гранат (10.2 %)–эпидот (15.8 %)–магнетитовую (30.8 %) ассоциацию. Количество магнетита в отдельных образцах достигает аномально высоких значений – 41.7 %, суммарное содержание минералов группы титановых тоже повышено до 10.4 %.

Верхние 22 м отложений в разрезе скв. 17843 (**слои 4a и 3-1**) представлены аллювием – хорошо сортированным средне- и мелкозернистым песком. Тяжелые минералы аллювиальных песков формируют амфибол-ильменит-гранат-эпидотовую ассоциацию. Содержания амфиболов в аллювиальной пачке убывают снизу вверх от 13.6 до 9.4 %, тогда как значения эпидота, напротив, возрастают от 22.1 до 26.6 %. Характерными особенностями аллювия в этой скважине являются повышенные содержания магнетита – 4.4–8.1 %, в отдельных образцах достигающие 11.8 %, и хромшпинелидов, составляющих в среднем 4.1 % в сл. 3 и 6.2 % в сл. 2. Пески обогащены метаморфическими минералами (кианит, ставролит, силлиманит), составляющими 7.2–9.8 % за счет повышенных содержаний ставролита (иногда до 7.1 %) и кианита (до 4.2 %).

Выводы

Минеральный состав четвертичных отложений, слагающих Кельтминский погребенный каньон, вскрытый скв. 17843, изучен впервые. В результате выявлен не вполне типичный для отложений квартера набор и количественные содержания тяжелых минералов (табл. 2, рис. 3).

Тяжелая фракция флювиогляциальных отложений характеризуется высокими концентрациями магнетита (до 42 %), хромшпинелидов (до 8 %) и ильменита (до 24 %), тогда как обычно в четвертичных осадках магнетит составляет первые проценты, либо еще меньше; хромшпинелиды фиксируются в единичных знаках, реже в долях процента; максимальные содержания ильменита редко достигают 10–11 %.

Наличие повышенных концентраций магнетита, хромшпинелидов и ильменита в тяжелой фракции бесспорно свидетельствуют об участии уральских магматических и метаморфических комплексов в качестве источников сноса материала при образовании этих осадков. Высокие содержания магнетита, вероятно, связаны как с магматическими породами и основными эффузивами, так и с метаморфическими серпентинизированными ультрабазитами. Хромшпинелиды могли поступать из пород офиолитовой ассоциации Полярного и Приполярного Урала [10, 9, 12]. Ильменит характерен для основных и щелочных магматических пород. Как аксессуарный минерал, он образуется на последней стадии кристаллизации магматических пород разнотипного состава. Кроме того, эпидот, содержание которого повышено до 31 %, также является, наряду с ильменитом, характерным минералом Северо-Восточной терригенно-минералогической провинции, включающей Новую Землю, Пай-Хой и Полярный и Приполярный Урал [3].

Существование сквозной долины рек Южной и Северной Кельтм, через которую речные и флювиогляциальные воды переливались из одного бассейна в дру-



гой, и поступление подобного комплекса тяжелых минералов со стороны Камы представляется весьма сомнительным, поскольку в бассейне Камы развит плиоцен, а долины рек Северной и Южной Кельтм сложены пермскими известковыми отложениями. Вопрос о времени формирования сквозной долины пока остается открытым.

Палинологические исследования нижней части отложений отражают закономерную смену растительности в заключительные этапы межледниковья. Елово-сосновые леса с примесью пихты, кедра, древовидной и кустарниковой берез, ольхи и ивы постепенно замещались тундровыми растительными сообществами, где наряду с болотно-тундровыми формациями имели место ксерофитные сообщества из полыней *Artemisia* sp., маревых *Chenopodiaceae*, редкой *Ephedra* sp.

Работа выполнена в рамках темы НИР ГР № АААА-А17-117121140081-7.

Литература

1. Андреева Л. Н. Основные морены Европейского Северо-Востока России и их литостратиграфическое значение. СПб.: Наука, 1992. 125 с.
2. Андреева Л. Н. Плейстоцен Европейского Северо-Востока. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 323 с.
3. Батулин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1947. 338 с.
4. Белкин В. И., Рязанов И. В. О понятиях сортированности и однородности гранулометрического состава осадочных пород // Литология и полезные ископаемые. 1974. № 2. С. 133—139.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.
6. Викулова М. Ф. Общая характеристика глин // Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. М., 1957. С. 7—90.
7. Гричук В. П., Заклинская Е. Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: ОГИЗ ГЕОГРАФИЗ, 1948. 224 с.
8. Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 191 с.
9. Makeev A. B., Bryanchaninova N. I. Минералогия, хромитонность и платиноносность Полярного Урала // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. 2000. № 6. С. 20—24.
10. Makeev A. B., Perevozchikov B. V., Afanasyev A. K. Хромитонность Полярного Урала. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1985. 152 с.
11. Пыльцевой анализ. М.: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1950. 571 с.
12. Савельева Г. Н. Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре. М.: Наука, 1987. 246 с. (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 404).
13. Юргайтис А. А. Литогенез флювиогляциальных отложений области последнего материкового оледенения. М.: Недра, 1984. 183 с.
14. Яковлев С. А. Основы геологии четвертичных отложений Русской равнины (Стратиграфия). М.: Госгеолтехиздат, 1956. 351 с.
15. Erdtman G. Erdtman's Handbook of Palynology. 2nd ed. / Ed. S. Nilsson, J. Pragłowski. Copenhagen, 1992. 580 pp.

References

1. Andreicheva L. N. *Osnovnye moreny Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii i ih litostratigraficheskoe znachenie* (The basal moraines of the European Northeast of Russia and their lithostratigraphic significance). St. Petersburg: Nauka, 1992, 125 p.
2. Andreicheva L. N. *Pleistoytsen Evropeiskogo Severo-Vostoka* (Pleistocene of the European Northeast). Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002, 323 p.
3. Baturin V. P. *Petrograficheskiy analiz geologicheskogo proshlogo po terrigenным компонентам* (Petrographic analysis of the geological past by terrigenous components). Moscow-Leningrad: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1947, 338 p.
4. Belkin V. I., Ryazanov I. V. *O ponyatiyah sortirovannosti i odnorodnosti granulometricheskogo sosnava osadochnykh porod // Litologiya i Poleznye Iskopaemye* (About the concepts of sorting and homogeneity uniformity of granulometric composition of sedimentary rocks). Lithology and Mineral Resources, 1974, No. 2, pp. 133—139.
5. Wentzel E. S. *Teoriya veroyatnostey* (Probability theory). Moscow: Nauka, 1969, 576 p.
6. Vikulova M. F. General characteristics of clays. Methodical guide to petrographic-mineralogical study of clays. Moscow, 1957. pp. 7—90.
7. Grichuk V. P., Zaklinskaya E. D. *Analiz iskopaemykh pyl'tsy I spori ego primeneniye v paleogeografii* (Analysis of fossil pollen and spores and its application in paleogeography). Moscow: OGIЗ GEOGRAFGIZ, 1948, 224 p.
8. Kachinsky N. A. *Mehanicheskiy i vikroagregatnyi* (Mechanical and micro-aggregate composition of the soil, methods of its study). Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1958, 191 p.
9. Makeev A. B., Bryanchaninova N. I. *Mineralogiya, hromitonost' i platinonost' Polyarnogo Urala*. *Vestnik Instituta geologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya RAN* (Mineralogy, chromite and platinum content of the Polar Urals). *Vestnik of Institute of geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. Syktyvkar: Geoprint, 2000, No. 6, pp. 20—24.
10. Makeev A. B., Perevozchikov B. V., Afanasyev A. K. *Hromitonost' Polyarnogo i Pripolyarnogo Urala*. Syktyvkar: *Komi filial akademii nauk SSSR* (Chromite content of the Polar Urals. Syktyvkar: Komi Branch of the USSR Academy of Sciences), 1985, 152 p.
11. *Pyl'tsevoy analiz* (Pollen analysis). Moscow: State Publishing house of geological literature, 1950, 571 p.
12. Savelyeva G. N. *Gabbro-ul'trabazitovye komplekсы ofiolitov Urala i ih analogy v sovremennoy okeanicheskoy kore* (Gabbro-ultrabasic complexes of the Ural ophiolites and their analogues in the modern oceanic crust). Moscow: Nauka, 1987, 246 p. (Proceedings of the Geological Institute of the USSR Academy of Sciences; Issue 404).
13. Yurgaitis A. A. *Litogenez fluvioiglyatsialnykh otlozheniy oblasti poslednego materikovogo oledeneniya* (Lithogenesis of fluvio-glacial deposits in the region of the last continental glaciation). Moscow: Nedra, 1984, 183 p.
14. Yakovlev S. A. *Osnovy geologii chetvertichnykh otlozheniy Russkoy ravniny (Stratigrafiya)* (Fundamentals of the geology of the Quaternary deposits of the Russian Plain (Stratigraphy)). Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1956, 351 p.
15. Erdtman G. Erdtman's Handbook of Palynology. 2nd ed. Ed. S. Nilsson, J. Pragłowski. Copenhagen, 1992, 580 pp.

Поступила в редакцию / Received 14.05.2021



Отложения среднего неоплейстоцена в нижнем течении р. Печоры

Н. Н. Воробьев

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
v.nikita91@mail.ru

Приводятся результаты литологического исследования четвертичных отложений в береговых обнажениях долины нижнего течения р. Печоры. На широтном отрезке Печоры вскрываются два горизонта валунных суглинков (морен) и подстилающие, разделяющие либо перекрывающие моренные толщи межморенные осадки флювиального генезиса. По результатам изучения текстурных, гранулометрических и минералогических особенностей мелкозема отложений и петрографического состава крупнообломочного материала сделан вывод о поступлении обломков пород при формировании морен из разных терригенно-минералогических провинций. Подтвержден ледниковый генезис валунных суглинков. Образование нижней печорской (днепровской) морены связано с Северо-Восточной питающей провинцией, а верхней московской (вычегодской) – с Северо-Западным Фенноскандинавским центром оледенения.

Ключевые слова: Печора, четвертичные отложения, валунные суглинки, литология, морены, неоплейстоцен, ледниковые отложения.

Middle Neopleistocene sediments in the lower course of the Pechora River

N. N. Vorobyev

Institute of Geology, FRC Komi Science Center, UB RAS, Syktyvkar
v.nikita91@mail.ru

The results of lithological studies of Quaternary deposits in the coastal outcrops of the valley of the lower course of the river are presented. Pechora. In the latitudinal section of the Pechora, two horizons of boulder loams (moraines) and underlying horizons, dividing or overlapping the moraine strata, are exposed to intermoraine sediments of fluvial genesis. Based on the results of lithological studies of textural, granulometric and mineralogical features of fine earth of deposits and petrographic composition of coarse material, it was concluded that material was supplied during the formation of moraines from different terrigenous-mineralogical provinces. The formation of the lower Pechora (Dnieper) moraine is associated with the North-Eastern feeding province, and the upper Moscow (Vycheгда) moraine, with the North-West Fennoscandian center of glaciation. The glacial genesis of boulder loams has been confirmed.

Keywords: Pechora, Quaternary deposits, boulder loams, lithology, moraines, Neopleistocene, glacial deposits.

Введение

Изучение четвертичных отложений было проведено на широтном отрезке долины р. Печоры. Изучены преимущественно валунные суглинки — морены, наиболее широко распространенные на северо-востоке европейской части России и в большинстве случаев слагающие основную часть четвертичного разреза. Для выявления особенностей вещественного состава разновозрастных моренных горизонтов, установления источников сноса и путей приноса терригенного материала при формировании морен проведено их комплексное литологическое исследование. Особое внимание уделялось изучению гранулометрического и минерального, а также петрографического состава крупнообломочного материала, содержащегося в моренах, ориентировки удлиненных обломков пород в разновозрастных горизонтах валунных суглинков. Особенности литологического состава морен образуются при продвижении покровного ледника из центра оледенения в результате совместного влияния удаленных, транзитных и местных подстилающих пород. Мореносодержащий лед, продвигаясь по подстилаю-

щему ложу, теряет часть изначальных особенностей состава, присущих ему вблизи центров оледенения, и приобретает новые. При следовании ледников из разных питающих ледниковых провинций за счет ассимиляции подстилающих пород различного состава формируются разновозрастные горизонты морен со специфическими литологическими характеристиками, которые в ряде случаев можно рассматривать в качестве критериев их расчленения и корреляции. Немаловажная роль при этом отводится изучению палинологических остатков и палеомикротиерофауны в межледниковых образованиях, что способствует более достоверному установлению возраста отложений.

Материалы и методы исследований

В работах предшественников: Б. И. Гуслицера, А. С. Лаврова и Л. М. Потапенко, Л. Н. Андреичевой [7, 8, 9, 13, 14, 1] — приведены данные изучения четвертичных отложений на широтном отрезке р. Печоры. В обнажениях этого участка А. С. Лавровым и Л. М. Потапенко выделяются верхний и средний отделы не-

Для цитирования: Воробьев Н. Н. Отложения среднего неоплейстоцена в нижнем течении р. Печоры // Вестник геонаук. 2021. 5(317). С. 37–43. DOI: 10.19110/geov.2021.5.3.

For citation: Vorobyev N. N. Middle Neopleistocene sediments in the lower course of the Pechora River. Vestnik of Geosciences, 2021, 5(317), pp. 37–43, doi: 10.19110/geov.2021.5.3.

плейстоцена. Согласно результатам комплексного исследования четвертичных отложений, полученным Б. И. Гуслицером с коллегами, разрез на этом участке реки представлен осадками среднего неоплейстоцена. Верхний неоплейстоцен вскрывается только в низовье р. Печоры, а отложения нижнего неоплейстоцена вскрыты лишь скважинами [2].

Материалом для статьи послужил каменный материал полевого сезона 2005 года из разрезов широтного отрезка Печоры и данные литологических исследований, выполненных сотрудниками лаборатории геологии кайнозоя. Каменная проба была предоставлена А. В. Ячменевым, который проводил полевые исследования. Нами была проведена аналитическая обработка данных минералогического, гранулометрического и петрографического состава, построены разрезы и проведена их корреляция. Был изучен участок долины от с. Кипиево до с. Усть-Цильма длиной около 130 км (рис. 1). На этом участке в береговых обнажениях сделаны 7 расчисток вблизи следующих населенных пунктов: с. Кипиево (обн. П-1); д. Васильевка (обн. П-2/1 и П-2/2); д. Гаревое (обн. П-3/1 и П-3/2) и ст. Журавского (обн. П-4/1 и П-4/2).

Было проведено детальное послойное описание разрезов четвертичных отложений и отобраны образцы для различных видов анализов. Особое внимание обращалось на условия залегания валунных суглинков, характер контактов между слоями, окатанность

крупнообломочного материала. Проводились замеры ориентировки удлиненных осей обломков пород, содержащихся в толщах валунных суглинков, не менее 50 штук в каждой расчистке. Исследование гранулометрического и минералогического состава морен проводилось в лабораторных условиях.

Гранулометрический состав валунных суглинков изучался с целью получения структурной характеристики отложений: размеров слагающих частиц и степени сортированности мелкозема. Гранулометрический анализ выполнялся с применением ситового и пипеточного методов [10]. Ситовым методом исследовался песчано-гравийный материал, а алевропелитовые фракции оттягивались пипеточным методом. Результаты гранулометрического анализа интерпретировались с помощью гистограмм, кумулятивных кривых, круговых диаграмм. При обработке полученных результатов были посчитаны средний диаметр зерен d_{cp} и коэффициент сортировки S_c . Значения коэффициента сортировки материала, близкие к 1, свидетельствуют о хорошей сортировке осадков, тогда как значения, близкие к нулю, указывают на присутствие всех фракций примерно в равных количествах, что характерно для ледниковых отложений — морен [4].

Минералогическим методом анализировалась фракция 0.25–0.10 мм валунных суглинков, наиболее полно отражающая материал питающих провинций и доступная для изучения [1, 2]. Предварительная под-

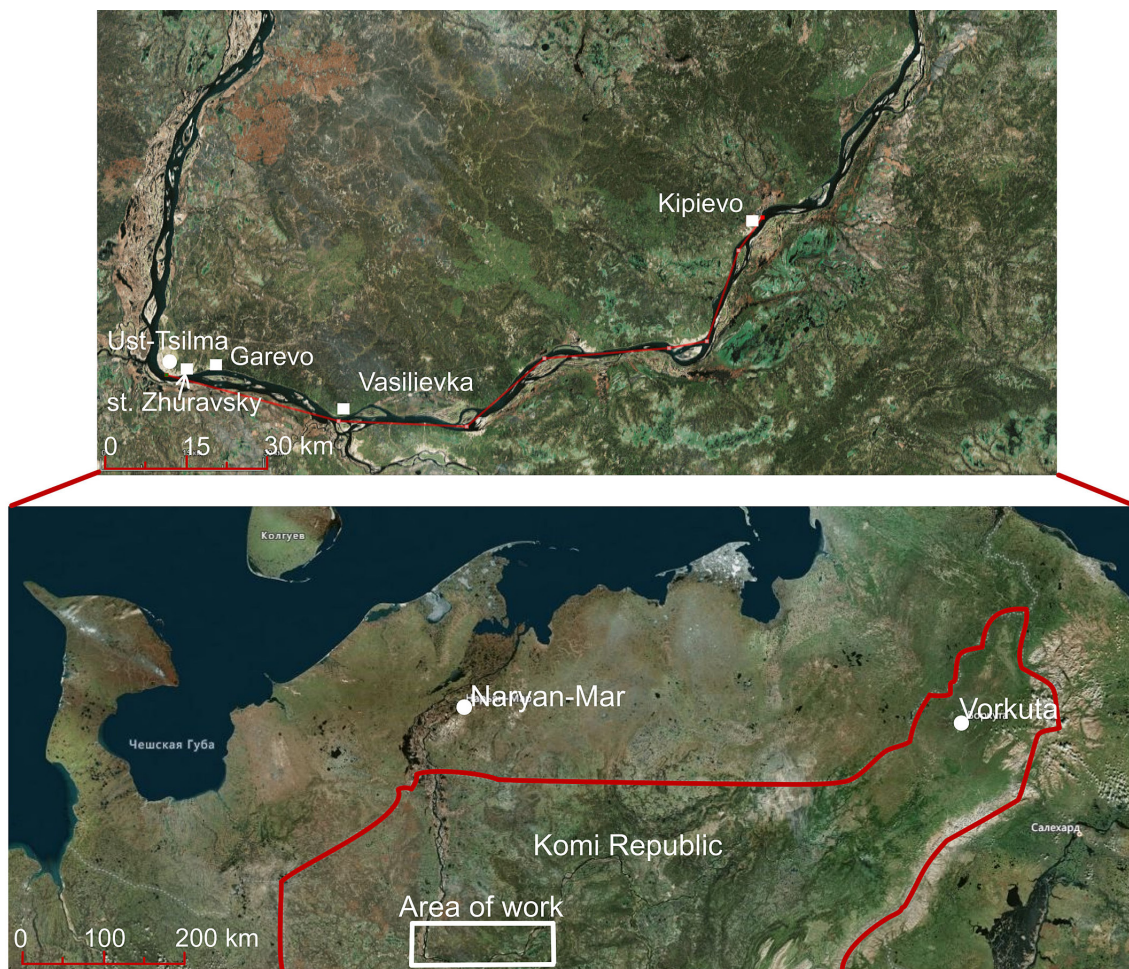


Рис. 1. Расположение района исследований на космоснимке

Fig. 1. Location of the research area in the satellite image



готовка проб для проведения минералогических анализов заключалась в том, что из двухсотграммовой навески отложений по методике М. Ф. Викуловой [5] отмывалась фракция менее 0.01 мм. В оставшейся части пробы выделялись гранулометрические фракции, которые далее подвергались разделению в бромформе, магнитной сепарации, взвешиванию, затем изучались под биноклем, в иммерсионных препаратах, при необходимости — фотометодом и на сканирующем микроскопе.

Замеры ориентировки удлиненных обломков пород и изучение петрографического состава валунно-галечного материала проводились для выяснения направлений переноса обломочного материала с целью установления питающих ледниковых провинций. Удлиненные обломки не должны быть крупнее 1–3 см с соотношением сторон 1:3. В полевых условиях визуально определялся петрографический состав крупных обломков пород, петрографические пробы должны включать не менее 50 обломков. В случаях затруднений в визуальном их определении обломки отбирались для последующего микроскопического изучения.

Результаты исследований и их обсуждение

Как уже отмечалось, в долине широтного отрезка р. Печоры между с. Кипиево и ст. Журавского вскрываются два горизонта валунных суглинков — морен — и межморенные осадки флювиального генезиса, подстилающие, разделяющие либо перекрывающие их. Флювиальные отложения, подстилающие нижний моренный горизонт, выступают лишь в обн. П-4 близ ст. Журавского. Здесь они имеют видимую мощность 6.1 м и в нижних двух метрах представлены песком плотным, неслоистым, тонкозернистым, желтовато-серого цвета, с тонкими включениями растительного детрита (р. д.). Вверх по разрезу появляются глинистые прослои, песок переходит в алеврит со средним диаметром (d_{cp}), равным 0.033 мм, и коэффициентом сортированности мелкозема (S_c), составляющим 0.36. Содержание тяжелых минералов в алеврите мизерно — 0.06 %, тяжелая фракция представлена ильменитом (11.6 %)–гранатом (18.1 %)–амфиболом (28.8 %)–эпидотовой (30.4 %) минеральной ассоциацией. Минералы титановой группы составляют лишь 4 %, а метаморфические минералы отсутствуют. С четким горизонтальным контактом алевриты перекрываются мореной, на контакте отмечается скопление растительного детрита.

Нижняя моренная толща вскрыта во всех изученных береговых обнажениях, ее мощность варьирует от 3 до 24 м, а иногда валунный суглинок слагает весь разрез (обн. П2/2). Подошва морены во всех обнажениях, кроме П4/1, где ее подстилают флювиальные осадки, располагается под урезом воды. В нескольких обнажениях толща морены разлинзована песками и алевритами.

В нижней части разреза у с. Кипиево вскрыта толща темно-серых валунных суглинков мощностью 9 м, с включениями гравия, реде гальки и валунов, иногда встречаются гнезда песка. По гранулометрическому составу валунные суглинки имеют низкую степень сортировки ($S_c = 0.13–0.19$), средний диаметр зерен (d_{cp}) составляет 0.02 мм. Преобладает алевритовая фракция

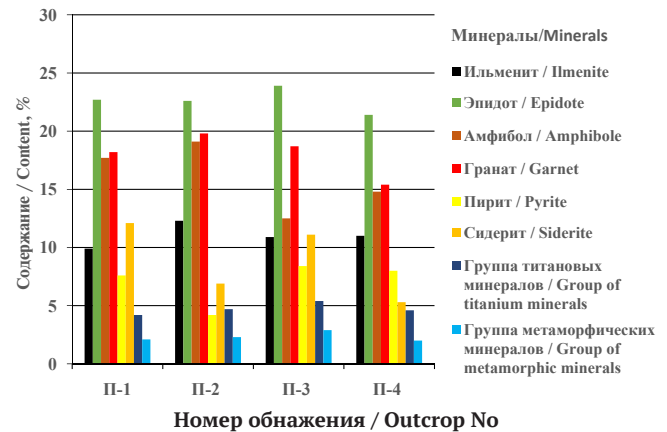


Рис. 2. Минеральный состав тяжелой фракции нижней морены на широтном отрезке р. Печоры

Fig. 2. Mineral composition of the heavy fraction of the lower moraine in the latitudinal section of the Pechora River

(40.7 %), в меньших количествах содержатся глина (32.3 %) и песок (25.8 %). Для состава тяжелой фракции характерна сидерит (12.1 %)–амфибол (17.7 %)–гранат (18.2 %)–эпидотовая (22.7 %) минеральная ассоциация. Высоки содержания ильменита (9.9 %) и пирита (7.6 %) (рис. 2).

В районе д. Васильевка (напротив устья р. Ижмы) сделаны 2 расчистки. В расч. П2/1 плотный неслоистый валунный суглинок темно-серой окраски вскрыт в нижней части и имеет мощность около 3 м. Суглинок содержит включения валунов и галек горных пород различного петрографического состава. Расч. П2/2 сложена монотонной толщей валунного суглинка мощностью 19 м. Темно-серый валунный суглинок представляет собой плотную неслоистую толщу с включениями валунов и галек горных пород различного петрографического состава. В гранулометрическом спектре преобладает алевритовая фракция — 37.5 %, глины содержатся 32 %, песка — 29.6 %. Степень сортировки низкая (S_c — до 0.22), средний диаметр зерен (d_{cp}) составляет 0.03 мм. Состав тяжелой фракции представлен ильменитом (10.4 %)–сидеритом (11.1 %)–амфиболом (17.4 %)–гранатом (19 %)–эпидотовой (22.1 %) ассоциацией минералов с повышенным содержанием пирита (7.9 %).

В обнажении Гарево нижняя толща валунных суглинков также встречается в двух расчистках. В расч. П3/1 вскрыты всего лишь 2–3 м суглинков в ее основании, тогда как в расч. П3/2 ее мощность достигает 24 м, что составляет более половины всего разреза. Толща представлена плотными неслоистыми, распадающимися на отдельные валунными суглинками темно-серой окраски, с включениями обломков пород. В отличие от предыдущих обнажений в гранулометрическом составе морены почти в равных количествах представлены песчаная (32.3 %) и алевритовая (32.1 %) фракции, а глинистая фракция составляет 23.9 %. Степень сортированности материала (S_c) низкая — 0.18, а средний диаметр зерен (d_{cp}) — около 0.03 мм. Тяжелую фракцию валунных суглинков слагает ильменит (10.7 %)–сидерит (11.3 %)–амфибол (12.5 %)–гранат (18.9 %)–эпидотовая (24.3 %) минеральная ассоциация. Повышены также содержания пирита (7.7 %).

В районе ст. Журавского в нижней части разреза лежит очень плотный валунный суглинок темно-серо-

го цвета мощностью 13–14 м. По гранулометрическому составу валунные суглинки слабосортированы (S_c — от 0.12 до 0.2), средний диаметр зерен (d_{cp}) составляет 0.03 мм. Преобладает алевритовая фракция (38.4 %) и почти в равных количествах содержатся глина (31.1 %) и песок (30 %). В составе тяжелой фракции выделяется ильменит (11.1 %)-пирит (12 %)-амфибол (16.6 %)-гранат (18.2 %)-эпидотовая (20.9 %) минеральная ассоциация с высокими содержаниями сидерита (7.9 %) и группы титановых минералов (5.8 %).

Таким образом, во всех обнажениях нижняя моренная толща сложена плотными неслоистыми темно-серыми валунными суглинками с близким гранулометрическим составом и однотипными ассоциациями тяжелых минералов.

Соотношение песчаной, алевритовой и глинистой фракций в среднем по толще составляет 30 : 37 : 31 % соответственно, что, по сути, представляет собой «оптимальную смесь» (рис. 3). Низкие коэффициенты сортировки и близкие содержания алевритовой, песчаной и глинистой фракций указывают на принадлежность этих отложений к ледниковым моренным образованиям [16].

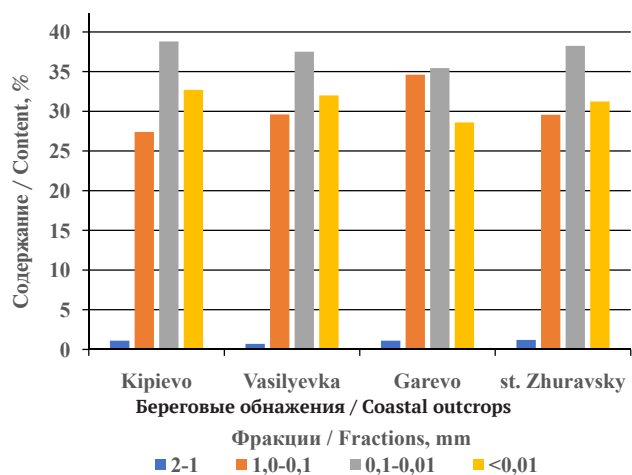


Рис. 3. Гранулометрический состав нижней морены на широтном отрезке р. Печоры

Fig. 3. Granulometric composition of the lower moraine in the latitudinal section of the Pechora River

Тяжелая фракция нижнего моренного горизонта во всех обнажениях представлена эпидотом, составляющим в среднем 23.2 %, гранатом — 18.7 %, амфиболом — 14.9 %, сидеритом — 11.5 %, ильменитом — 10 % и пиритом — 9.4 %. Высокие содержания сидерита и пирита в тяжелой фракции могут быть связаны с триасовыми подстилающими породами [17]. Большие концентрации ильменита, возможно, свидетельствуют о влиянии пород Урала, где ильменит встречается в основных и щелочных магматических породах, устойчив к выветриванию [15].

Обломки пород в нижней морене представлены неокатанными, слабоокатанными и угловато-окатанными разностями. В петрографическом спектре пород доминируют карбонатные породы. На долю темно-серых известняков и доломитов приходится 33 %, а на светлые разности — 13 %, в меньшем количестве со-

держатся песчаники и алевролиты (около 30 %). Кварцито-песчаники составляют 10 %, кристаллические породы лишь 5 %. Замеры ориентировки удлиненных осей обломков пород дали преимущественное направление с северо-северо-востока на юго-юго-запад.

Практически во всех обнажениях нижняя морена перекрыта маломощным слоем флювиальных отложений. По гранулометрическому составу преобладает песок, количество которого в среднем составляет 62.8 %, алевритов содержится 24.1 % и глин — 14 %. Средний диаметр зерен (d_{cp}) составляет от 0.030 до 0.139 мм, осадки хорошо сортированы: степень сортировки (S_c) достигает 0.69. Тяжелые минералы в разрезе Кипиево слагают гранат (15.7 %)-эпидот (21.8 %)-амфиболовую (25 %) ассоциацию, в разрезе Васильевка тяжелая фракция представлена ильменит (10.9 %)-амфибол (15.8 %)-гранат (17.5 %)-эпидотовой (28.2 %) минеральной ассоциацией, в Гареве — гранат (11.9 %)-ильменит (12.4 %)-амфибол (15.4 %)-эпидотовой (26.2 %) ассоциацией с высоким содержанием группы титановых минералов — 16.1 %. В обнажении близ ст. Журавского в тяжелой фракции алевритов предположительно озерного генезиса доминирующим минералом является эпидот, составляющий 30.4 %, немного меньше содержится амфибола — 28.8 %, количество граната составляет 18.1 %, ильменита — 11.6 %. Таким образом, в составе тяжелой фракции флювиальных отложений, залегающих на нижней морене, преобладают четыре минерала: эпидот, среднее содержание которого составляет 26.4 %, несколько меньше амфибола — 21.3 %, на гранат приходится 15.8 %, на ильменит — 11.6 %.

Озерные отложения перекрываются валунными суглинками — верхней мореной изменчивой мощности (2–32 м), плотной, неслоистой, распадающейся на оскольчатую отдельность и содержащей обломки и крупные валуны пород размером около 30 см.

В обнажении Кипиево верхняя морена имеет буровато-коричневую окраску и мощность 10 м. По гранулометрическому составу она практически не сортирована (S_c — от 0.12 до 0.22), средний диаметр зерен (d_{cp}) составляет 0.02 мм, преобладает глинистая фракция (37.7 %), в меньшем количестве содержатся алеврит (30 %) и песок (29.1 %). Для минерального состава тяжелой фракции характерна сидерит (12.4 %)-эпи-

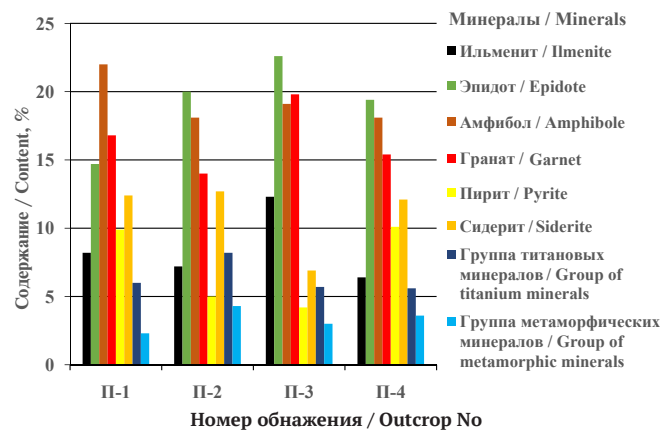


Рис. 4. Минеральный состав тяжелой фракции верхней морены на широтном отрезке р. Печоры

Fig. 4. Mineral composition of the heavy fraction of the upper moraine in the latitudinal section of the Pechora River



дот(14.7 %)-гранат(16.8 %)-амфиболовая(22 %) ассоциация (рис. 4). Довольно высокие содержания пирита (9.9 %) и ильменита (8.2 %).

В разрезе у д. Васильевка мощность верхней морены темно-серой окраски с буроватым оттенком составляет около 23 м. В гранулометрическом спектре преобладает алевритовая фракция — 39.1 %, глины содержится 31.1 %, песка — 28.9 %. Степень сортированности материала $S_c = 0.12-0.26$, а средний диаметр зерен (d_{cp}) равен 0.02 мм. Состав тяжелой фракции представлен сидеритом(12.7 %)-гранатом(14 %)-амфибол(18.1 %)-эпидотовой(20 %) ассоциацией минералов с повышенным содержанием группы титановых минералов (13.5 %), количество ильменита составляет 7.2 %, пирита — 6 %.

В обнажении Гареве верхняя буровато-темно-серая толща валунных суглинков вскрыта двумя расчистками. В расч. ПЗ/1 верхняя морена слагает почти весь разрез — 32 м, тогда как в расч. ПЗ/2 она имеет небольшую мощность — всего 6 м. В гранулометрическом составе валунных суглинков доминирует алевритовая фракция, составляя 39.9 %, а песчаная и глинистая фракции содержатся почти в равных количествах — 29.1 и 28.9 %. Как и в других обнажениях, верхняя морена имеет низкую степень сортированности мелкозема — $S_c = 0.11-0.22$, а средний диаметр зерен (d_{cp}) составляет 0.02 мм. Тяжелая фракция валунных суглинков представлена ильменитом(12.1 %)-гранатом(18.9 %)-амфибол(18.9 %)-эпидотовой(22.1 %) ассоциацией минералов. Повышены содержания сидерита (8.5 %) и группы титановых минералов (5.8 %).

В обнажении ст. Журавского верхняя морена также вскрыта в двух расчистках. В расч. П4/1 ее мощность составляет лишь 1.5 м, а в расч. П4/2 достигает 10 м. По гранулометрическому составу валунные суглинки имеют низкую степень сортированности материала ($S_c = 0.07-0.25$) и средний диаметр $d_{cp} = 0.02$ мм. Здесь также преобладающей является алевритовая фракция — 43.6 %, глины содержится 32.7 %, песка — 21.8 %. Тяжелая фракция образует гранат(16.5 %)-амфибол(19.1 %)-эпидотовую(21.3 %) минеральную ассоциацию. Наблюдаются достаточно высокие содержания сидерита (9 %), ильменита (8 %) и пирита (7.6 %), группа титановых минералов составляет 5.2 %.

Таким образом, верхняя морена во всех обнажениях имеет буровато-темно-серую окраску и сходный литологический состав.

По результатам гранулометрического анализа, процентные содержания песчаной, алевритовой и глинистой фракций в валунных суглинках составляют 27 : 37 : 33 % соответственно. Отмечаются высокие содержания глинистой фракции (рис. 5), на что указывал Б. И. Гуслицер с соавторами [7]. Полученные результаты текстурно-структурного изучения валунных суглинков здесь также свидетельствуют об их ледниковом генезисе [16].

В составе тяжелых минералов верхней морены максимальные значения имеют амфиболы, составляющие 18–22 %. Это может быть связано с магматическими и метаморфическими горными породами Балтийского щита, где в южном, центральном и Кольско-Карельском сегментах широко представлены амфиболиты [11]. Как уже отмечалось ранее, наличие сидерита (11 %) и пирита (7.3 %) говорит о взаимодействии

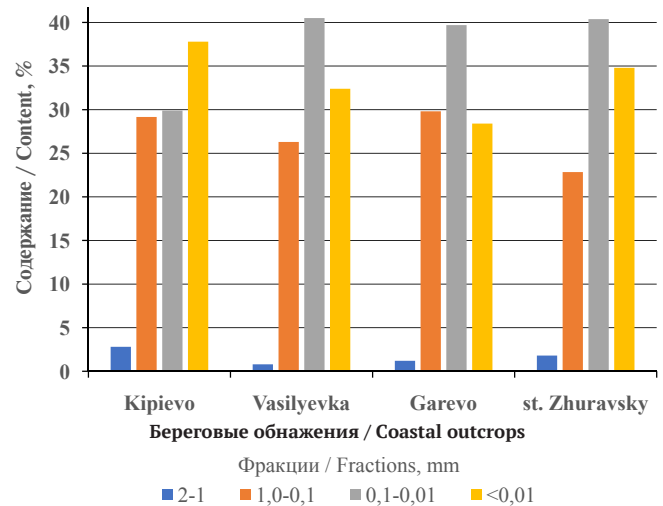


Рис. 5. Гранулометрический состав верхней морены на широтном отрезке р. Печоры

Fig. 5. Granulometric composition of the upper moraine in the latitudinal section of the Pechora River

ледника с триасовыми подстилающими породами [3], причем содержания сидерита во всех обнажениях выше, чем пирита (рис. 5). Довольно высокие значения группы титановых минералов (5.6–8.2 %) и ильменита (7–12 %), возможно, связаны с ассимиляцией их из древних метаморфических сланцев Тимана, обогащенных титаном [6].

По петрографическим данным, в верхней морене большая часть обломков представлена карбонатными породами (38 %), где темноокрашенные разности составляют 11 %. Песчаники, алевролиты и аргиллиты в сумме составляют около 20 %. Количество дальнеприносных магматических и метаморфических пород значительно (около 20 %), что отмечалось и Л. Н. Андреевой [1, 2]. Ориентировка удлиненных обломков пород преимущественно с северо-северо-запада на юго-юго-восток.

Таким образом, комплексное изучение валунных суглинков позволило выделить два разновозрастных ледниковых горизонта. Нижний горизонт относится к печорской (днепровской) морене (рис. 6), образование которой связано с Северо-Восточной питающей ледниковой провинцией. Об этом свидетельствует состав тяжелой фракции, где преобладают: эпидот — в среднем 23.2 %, гранат — 18.7 %, амфибол — 14.9 %, сидерит — 11.5 %, ильменит — 10 % и пирит — 9.4 %. Высокие значения сидерита и пирита в тяжелой фракции могли поступать в морену из подстилающих триасовых пород [17]. Повышенные концентрации минералов группы эпидота — циюзита, гранатов и ильменита — характерны для пород Северо-Восточной терригенно-минералогической провинции [3], а замеры ориентировки удлиненных осей валунов в нижней морене подтверждают ее связь с северо-востоком.

Формирование верхнего горизонта валунных суглинков связано с вычегодской (московской) мореной (рис. 6), которая образовалась за счет материала из Северо-Западного (Фенноскандинавского) центра оледенения (рис. 6). Гранулометрический анализ верхней морены показывает более глинистый состав по сравнению с нижней, поскольку на формирование верхней

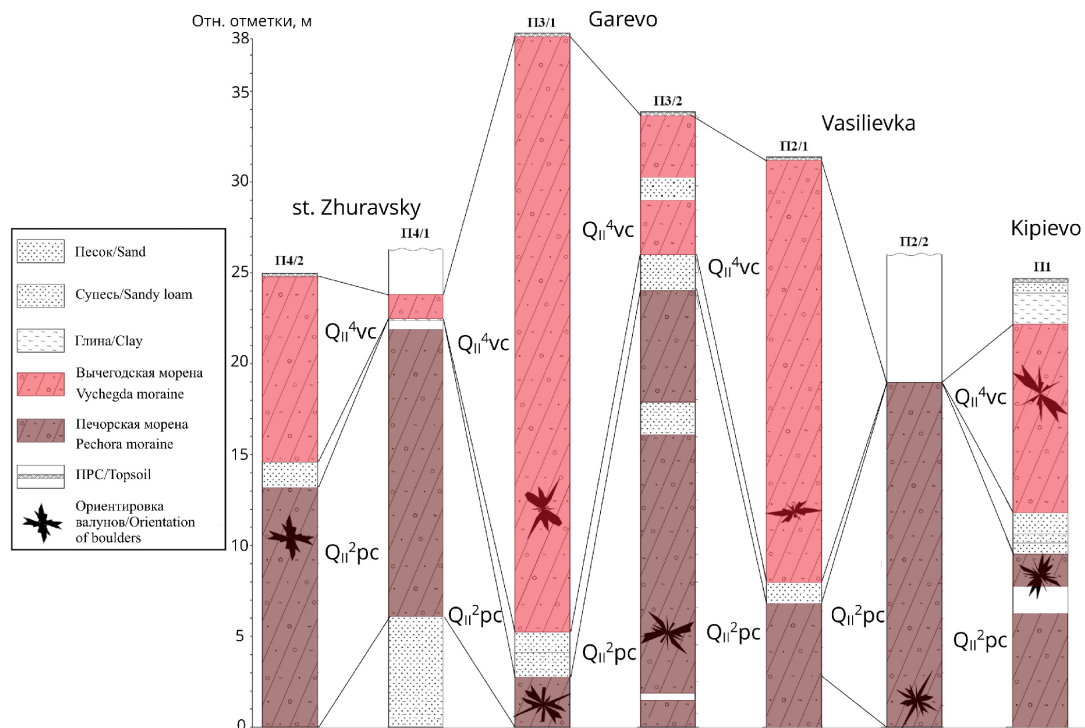


Рис. 6. Сопоставление разрезов в береговых обнажениях бассейна р. Печоры

Fig. 6. Comparison of sections of coastal outcrops in the Pechora river basin

морены большое влияние оказывали подстилающие межморенные флювиальные отложения. В составе тяжелых минералов преобладает амфибол (18–22 %), что, возможно, отражает связь с породами Балтийского щита, где широко представлены амфиболиты [11]. Довольно высокие содержания минералов группы титановых в верхней морене (5.6–8.2 %), по-видимому, указывают на ассимиляцию древних метаморфических сланцев Тимана [6]. В валунных суглинках верхнего горизонта содержится большое количество дальнепринесенных магматических и метаморфических пород (20 %), которые распространены на Балтийском щите. Все эти данные подтверждаются ориентировкой удлиненных обломков преимущественно с северо-северо-запада.

Разделяющая их толща флювиальных осадков, по-видимому, относится к родионовскому межледниковью [9, 12].

Выводы

По данным текстурных исследований, результатам гранулометрического и минералогического анализа мелкозема и петрографического состава крупнообломочного материала на широтном отрезке р. Печоры в береговых обнажениях вскрываются два горизонта валунных суглинков и подстилающие и разделяющие их межледниковые отложения. Сделан вывод о ледниковом генезисе и сносе материала при формировании морен из разных терригенно-минералогических провинций.

Выделены два разновозрастных горизонта морен имеют различные литологические характеристики. По результатам гранулометрического состава мелкозема валунных суглинков нельзя с уверенностью говорить о возрастной принадлежности морен в связи с

вариациями структурных особенностей пород, слагающих ледниковое ложе. В минеральных ассоциациях тяжелой фракции нижней и верхней морен наблюдаются определенные отличия, обусловленные сносом материала для формирования морен из разных терригенно-минералогических провинций. Важно при этом учитывать и особенности состава подстилающих коренных пород. Комплексное изучение валунных суглинков показало, что формирование печорской морены связано с Северо-Восточной терригенно-минералогической провинцией, а вычегодской — с Фенноскандинавским центром оледенения. Разделяющая моренные горизонты толща флювиальных осадков относится к родионовскому межледниковью.

Работа выполнена в рамках темы НИР ГР № АААА-А17-117121140081-7.

Литература

1. Андричева Л. Н. Плейстоцен Европейского Северо-Востока. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 306 с.
2. Андричева Л. Н. Основные морены Европейского Северо-Востока России и их литостратиграфическое значение. СПб.: Наука, 1992. 125 с.
3. Батулин В. П. Петрографический анализ прошлого по терригенным компонентам. М.; Л., 1947. 335 с.
4. Вистелиус А. Б. Задачи геохимии и информационные меры // Сов. геология. 1964. № 12. С. 5–26.
5. Викулова М. Ф. Общая характеристика глин // Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. М., 1957. С. 7–90.
6. Гроссгейм В. А., Бескровная О. В., Геращенко И. Л. и др. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа). Л.: Недра, 1984. 271 с.
7. Гуслицер Б. И., Лосева Э. И., Гладкова И. Г., Кыштымова Л. Т. Стратиграфия плейстоценовых отложений Печорс-



кого Приуралья/ Институт геологии Коми филиала АН СССР. Сыктывкар, 1971. 310 с.

8. Гуслицер Б. И. Стратиграфия нижнего и среднего плейстоцена южной части Печорского Урала // Вопросы стратиграфии и корреляции плиоценовых и плейстоценовых отложений северной и южной частей Предуралья. Вып. 2, Уфа. 1972.

9. Гуслицер Б. И. Возраст валунных суглинков и межморенных отложений в районе с. Кипиево (нижняя Печора) по данным изучения костей грызунов // Геология и полезные ископаемые северо-востока европ. части СССР (Ежегодник-72 Ин-та геологии Коми ФАН СССР). Сыктывкар, 1973. С. 71—77.

10. Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почв, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 191 с.

11. Кратц К. О., Мангуссон Н., Симонен А., Хольтедаль О. Балтийский щит // Тектоника Европы. М., 1964. С. 27—45.

12. Коноваленко Л. А. Климат и растительность шкловского межледниковья на средней Печоре по палинологическим данным // Расчленение и корреляция фанерозойских отложений Европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар, 1985. С. 108—114.

13. Лавров А. С. Позднеплейстоценовые ледниковые покровы северо-востока европейской части СССР // Бюл. КИЧП. № 41. М.: Наука, 1974. С. 48—55.

14. Лавров А. С., Потепенко Л. М. Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. М.: Аэрогеология, 2005. 220 с.

15. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания / Пер. с нем. под ред. А. Г. Бетехтина. М.: Издательство иностранной литературы, 1962. 1132 с.

16. Рухин Л. Б. Основы литологии. Л., 1969. 704 с.

17. Чалышев В. И., Варюхина Л. М. Биостратиграфия верхней перми северо-востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1968. 234 с.

References

1. Andreicheva L. N. *Pleistocen Evropeiskogo Severo-Vostoka* (Pleistocene of the European North-East), Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002, 306 p.

2. Andreicheva L. N. *Osnovnye moreny Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii i ih litostratigraficheskoe znachenie* (The main moraines of the European North-East of Russia and their lithostratigraphic significance). St. Petersburg: Nauka, 1992, 125 p.

3. Baturin V. P. *Petrograficheskii analiz proshlogo po terrigenym komponentam* (Petrographic analysis of the past by terrigenous components). Moscow, Leningrad, 1947, 335 p.

4. Vistelius A. B. *Zadachi geohimii i informacionnye mery* (Problems of geochemistry and informational measures). Sov. Geology, 1964, No. 12, pp. 5—26.

5. Vikulova M. F. *Obshchaia harakteristika glin* (General characteristics of clays). Methodological guide to the petrographic-mineralogical study of clays. Moscow, 1957, pp. 7—90.

6. Grossheim V. A., Beskrovnaya O. V., Gerashchenko I. L. et al. *Metody paleogeograficheskikh rekonstrukcii (pri poiskah za-lezhei nefi i gaza)* (Methods of paleogeographic reconstructions (in the search for oil and gas deposits)). Leningrad: Nedra, 1984, 271 p.

7. Guslitser B. I., Loseva E. I., Gladkova I. G., Kyshtymova L. T. *Stratigrafiia pleistocenovih otlozheni Pechorskogo Priuralia* (Stratigraphy of the Pleistocene deposits of the Pechora Urals). Komi branch of the USSR Academy of Sciences Institute of Geology. Syktvykar, 1971, 310 p.

8. Guslitser B. I. *Stratigrafiia nizhnego i srednego pleistocena uznoi chasti Pechorskogo Urala* (Stratigraphy of the Lower and Middle Pleistocene of the southern part of the Pechora Urals). In the book: Questions of stratigraphy and correlation of Pliocene and Pleistocene deposits of the northern and southern parts of the Cis-Urals. Issue 2, Ufa, 1972

9. Guslitser B. I. *Vozrast valunnyh suglinkov i mezhmorenyh otlozhenii v raione s. Kipievo (Nizhnaia Pechora) po dannym izucheniia kostei gryzunov* (Age of boulder loams and intermoraine deposits in the area with Kipievo (Lower Pechora) according to the study of rodent bones). In the book: Geology and Mineral Resources of the North-East of Europe. parts of the USSR (Yearbook — 72 Institute of Geology of the Komi FAN USSR). Syktvykar, 1973, pp. 71—77.

10. Kachinsky N. A. *Mehanicheskii i mikroagregatnyi sostav pochv, metody ego izucheniia* (Mechanical and microaggregate composition of soils, methods of its study). Moscow, 1958, 191 p.

11. Kratz K. O., Mangusson N., Simonen A., Holtedal O., Baltiiskii shhit (Baltic shield), in the book: Tectonics of Europe. Moscow, 1964, pp. 27—45.

12. Konovalenko L. A. *Klimat i rastitelnost shklovskogo mezhljedniovia na Srednei Pechore po palinologicheskim dannym* (Climate and vegetation of the Shklov interglacial in the Middle Pechora according to palynological data). Dismemberment and correlation of Phanerozoic deposits of the European North-East of the USSR. Syktvykar, 1985, pp. 108—114.

13. Lavrov A. S. *Pozdnepleistocenovyie lednikovye pokrovy Severo-Vostoka Evropeiskoi chasti SSSR* (Late Pleistocene ice sheets of the North-East of the European part of the USSR). Bul. KICHP, No. 41, Moscow: Nauka, 1974, pp. 48—55.

14. Lavrov A. S., Potapenko L. M. *Neopleistocen severo-vostoka Russkoi ravniny* (Neopleistocene of the northeast of the Russian Plain). Moscow: Aerogeology, 2005, 220 p.

15. Ramdor P. *Rudnye mineraly i ih srastaniia* (Ore minerals and their intergrowth). Ed. A. G. Betekhtin. Moscow: Publishing house of foreign literature, 1962, 1132 p.

16. Rukhin L. B. *Osnovy litologii* (Basics of lithology). Leningrad, 1969, 704 p.

17. Chalyshev V. I., Varyukhina L. M. *Biostratigrafiia verhnei permi severo-vostoka evropeiskoi chasti SSSR* (Biostratigraphy of the Upper Permian in the northeast of the European part of the USSR). Leningrad: Nauka, 1968, 234 p.

Поступила в редакцию / Received 18.05.2021



Минеральные ресурсы юга Дальнего Востока в экспозициях музея и публикациях

В. А. Соляник, В. А. Пахомова, В. Б. Тишкина

Геолого-минералогический музей Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Владивосток
solyanik109@mail.ru

К юбилею Дальневосточного отделения РАН музей Дальневосточного геологического института (ДВГИ) подготовил выставку «Минеральные ресурсы юга Дальнего Востока», которая в настоящее время демонстрируется в музее. На выставке представлены экспонаты, краткая информация о месторождениях и опубликованные результаты исследований ученых института в 2016–2020 гг. в ведущих научных журналах и материалах конференций, в том числе поддержанные грантами научных фондов РФФИ и РНФ.

Ключевые слова: тематическая выставка, минеральные ресурсы, юг Дальнего Востока.

Mineral resources of the South of the Far East in Museum expositions and publications

V. A. Solyanik, V. A. Pakhomova, V. B. Tishkina

Geological and Mineralogical Museum of the Far Eastern Geological Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia
solyanik109@mail.ru

The Museum of the Far Eastern Geological Institute (FEGI) prepared an exhibition «Mineral Resources of the South of the Far East» timed to the anniversary of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, which is currently on display in the museum. The exhibition presents, brief information about the deposits and published results of research by scientists of the institute in 2016–2020 in leading scientific journals and conference materials, including supported by grants from the Russian Foundation for Basic Research and the Russian Science Foundation.

Keywords: thematic exhibition, mineral resources, South of the Far East.

Введение

Геолого-минералогический музей Дальневосточного геологического института ДВО РАН (ДВГИ) является хранителем геологического наследия юга Дальнего Востока, уникальных минеральных ресурсов. Находясь в особой, музейной форме, коллекции геологических и минеральных объектов региона дают глубокие знания в области научных дисциплин и понимание направлений их развития.

Богатство и разнообразие минеральных ресурсов юга Дальнего Востока России демонстрируют тематические выставки музея. 20 ноября 2020 г. во Владивостоке состоялось торжественное заседание общего собрания ДВО РАН, посвященное 50-летию образования Дальневосточного научного центра АН СССР. Музей ДВГИ подготовил тематическую выставку «Минеральные ресурсы юга Дальнего Востока: исследования ученых ДВ Геологического института ДВО РАН».

На выставке представлены музейные экспонаты, краткая информация о месторождениях и результаты исследований ученых института, опубликованные в высокорейтинговых научных журналах и материалах конференций в 2016–2020 гг., в том числе поддержанные грантами научных фондов РФФИ и РНФ.



Рис. 1. Карта-схема размещения перспективных геологических объектов юга Дальнего Востока

Fig. 1. Schematic map of prospective geological targets in the south of the Far East

Для цитирования: Соляник В. А., Пахомова В. А., Тишкина В. Б. Минеральные ресурсы юга Дальнего Востока в экспозициях музея и публикациях // Вестник геонаук. 2021. 5(317). С. 44–49. DOI: 10.19110/geov.2021.5.4.

For citation: V. A. Solyanik, V. A. Pakhomova, V. B. Tishkina Mineral Resources of the South of the Far East in Museum Expositions and Publications. Vestnik of Geosciences, 2021, 5(317), pp. 44–49, doi: 10.19110/geov.2021.5.4.



Здесь мы представили концепцию тематической выставки, которая заключается в демонстрации уникальных геологических и минералогических объектов юга Дальнего Востока, развитии его минерально-сырьевой базы, нашедших отражение в научных трудах ученых ДВГИ.

Результаты исследований

Дальний Восток обладает значительным ресурсным потенциалом благороднометалльного оруденения (рис. 1). Особенности **благороднометалльной минерализации** посвящена серия публикаций [1, 2, 6, 7, 11–13].

Впервые в Сихотэ-Алине обнаружены **родингиты** (рис. 2), **содержащие золото-палладий-платиновую минерализацию** и образовавшиеся флюидно-метасоматическим способом по основным и ультраосновным породам жерловой и интрузивной фаций палеоценового магматического комплекса [7]. Особенностью благороднометалльной минерализации в родингитах является присутствие в ее составе т. н. медистого золота, а также его ассоциация с соединениями Ni, Sb и S, самородными элементами, неупорядоченными твердыми растворами металлов и интерметаллидами [6].



Рис. 2. Апоинтрузивный родингит пироксенового состава с гранатом, амфиболом, апатитом и цирконом по магматическим породам палеоценового комплекса. Выходы пород взрывных структур на Мокрушинской площади. № образца: 67/23. Размер: 10×10×4. Коллекция В. Т. Казаченко. Фото Т. Б. Князевой

Fig. 2. Apointrusive rodingite of pyroxene composition with garnet, amphibole, apatite, and zircon after igneous rocks of the Paleocene complex. Outcrops of rocks of explosive structures in the Mokrushinskaya area. Sample number: 67/23. Size: 10×10×4. Collection by V. T. Kazachenko. Photo by T. B. Knyazeva

Высокоуглеродистые породы занимают обширные территории в пределах Дальнего Востока России. Только в Приморском крае они образуют широкую зону, вытянутую в субмеридиональном направлении на десятки километров. К этой зоне региональной графитизации приурочены два крупных месторождения — Тургеневское (рис. 3) и Тамгинское, разведанные еще в сороковых годах прошлого столетия. Как показали исследования авторов [12], графитовые руды, в строе-



Рис. 3. Графитовая руда, обогащенная Au и Pt. Месторождение Тургеневское, Приморье. № образца: 59/14. Размер: 9×9×6. Коллекция В. П. Молчанова, Д. В. Андросова. Фото Т. Б. Князевой

Fig. 3. Graphitic ore enriched in Au and Pt. Turgenevskoe deposit, Primorye. Sample number: 59/14. Size: 9×9×6. Collection by V. P. Molchanov, D. V. Androsov. Photo by T. B. Knyazeva

нии которых участвуют высокопробное медьсодержащее золото, серебро, монацит, ксенотим, сульфиды, рутил, барит, уранинит, характеризуются тесными связями углерода с золотом и редкими землями. Целенаправленные исследования авторов увенчались открытием вблизи г. Дальнереченска новых проявлений **благороднометалльно-редкоземельно-графитовой минерализации** (наиболее крупное из них — **Филинское** (рис. 4), что позволило расширить ареал нового перспективного типа руд на юге Дальнего Востока.

Комплекс попутных высокотехнологичных металлов выявлен в **золотоильменитовых россытях**, пространственно и генетически связанных с Ариадненской интрузией (правобережье р. Уссури) ультрабазитов, яв-



Рис. 4. Кварц-полевошпат-графитовая руда с высоким содержанием Au, Ag и Pt. Рудопроявление «Филинское», Приморье. № образца: 59/15. Размер: 9×7×7. Коллекция В. П. Молчанова, Д. В. Андросова. Фото Т. Б. Князевой

Fig. 4. Quartz-feldspar-graphite ore with high contents of Au, Ag and Pt. Ore occurrence «Filinskoe» (20 km south of Dalnerechensk), Primorye. Sample number: 59/15. Size: 9×7×7. Collection by V. P. Molchanov, D. V. Androsov. Photo by T. B. Knyazeva

ляющихся основным поставщиком полезных компонентов в россыпи [13]. Главным минералом россыпи для промышленного извлечения является ильменит, а редкие, редкоземельные и благородные металлы — V, Pd, Co, Au, Pt — фиксируются как постоянные примеси. Предложенные технические решения обогащения песков [4] — лишь первый шаг в освоении золото-ильменитовых россыпей юга Дальнего Востока России.

Золототурмалиновый тип минерализации, ранее неизвестный в Приморском крае, выявленный на месторождении **Малиновское**, пространственно и генетически ассоциирует с «редкометалльным» гранитоидным магматизмом. Изучение вещественного состава и геохимических особенностей руд (рис. 5) позволило установить корреляционные связи между элементами, причины их возникновения и разработать минералого-геохимическую модель месторождения, позволяющую определять уровень эрозионного среза рудных тел и давать оценку их перспективности. Установлено, что наиболее продуктивной на месторождении является золотовисмутовая (Au-Ag-Bi-Cu-As-Co), менее — золотовольфрамовая (W-Au-Ag-Cu-Bi-As) геохимические ассоциации [1, 2, 11]. По комплексу признаков руды Малиновского медно-золотого месторождения очень близки к рудам крупных по запасам месторождений Забайкалья и Амурской области (Ключевское, Дмитриевское, Кировское, Дарасунское и др.)



Рис. 5. Фрагмент сульфидно-карбонатно-кварцевого прожилка с золотовисмутовой (Au-Ag-Bi-Cu-As-Co) геохимической ассоциацией. Малиновское медно-золотое месторождение, Приморье. № образца: 19/88. Размер: 20×9×4. Коллекция К. Н. Доброшевского. Фото Т. Б. Князевой

Fig. 5. Fragment of sulfide-carbonate-quartz run with gold-bismuth (Au-Ag-Bi-Cu-As-Co) geochemical association. Malinovskoe copper-gold deposit, Primorye. Sample number: 19/88. Size: Collection by K. N. Dobroshevsky. Photo by T. B. Knyazeva

На объектах Южного Приморья с проявлением кайнозойских вулканических процессов обнаружено массовое образование **кобальтоносного железомарганцевого вещества** в виде микрокорок и стяжений (рис. 6) [3]. Высокие концентрации Co, Ni, Pb, Cu, Se определены в железомарганцевых континентальных первично-коллоидных новообразованиях, по морфологическим особенностям и элементному составу подобных океаническим кобальтомарганцевым коркам. Происхождение железомарганцевого оруденения в океанах исследует-



Рис. 6. Железомарганцевая (голландитовая) Co-Ba-Pb-корка из зон аргиллизации. Павловское угольное месторождение. № образца: 26/19. Размер: 10×9×3. Коллекция С. О. Максимова. Фото Т. Б. Князевой

Fig. 6. Ferromanganese (hollandite) Co-Ba-Pb Fe-Mn rind from argillization zones. Sample number: 26/19. Size: 10×9×3. Collection by S. O. Maksimov. Photo by T. B. Knyazeva

ся уже более полувека, но для океанических обстановок эта проблема ограничена отсутствием прямых наблюдений и приближенной оценкой параметров процессов рудообразования. Поэтому исследование находок подобных образований в континентальных обстановках и выяснение механизма, определившего близкий геохимический тип рудного вещества, сформированного без длительного гидрогенного осаждения, представляет научный и практический интерес.

В результате изучения стратиграфии, литологии и **металлогении угольных бассейнов** палеогена и неогена Приморского края выделено пять этапов кайнозойского осадконакопления. Угленосные горизонты раннего и позднего эоцена, а также позднего олигоцена несут высокие концентрации критических элементов и включают 3 из 7 наиболее обогащенных германием (рис. 7) угольных месторождений в мире. Кроме того, угли некоторых исследованных угольных бассейнов содержат иттрий, золото, уран, цирконий, ниобий и большое количество редкоземельных элементов [14].

На **Высокогорском месторождении олова** (Кавалеровский рудный район) выделены две группы флюидно-эксплозивных брекчий [9]. По мнению авторов, в оловянном рудообразовании Высокогорского месторождения тела ранних брекчий выполняли роль рудоподводящих и рудовмещающих структур. Ранние брекчии (79—69 млн лет), на которые наложены борный метасоматоз и следующая за ним оловянная минерализация, с наибольшей вероятностью представляют меловой субдукционный этап. Флюидно-эксплозивные брекчии второй группы (поздние) сингенетичны дайкам дацит(риолит)-порфиоров (56—51 млн лет) палеоцен-эоценового (трансформного) этапа. Они образовались после отложения основной массы касситерита, но до наиболее поздней кварц-флюорит-карбонатной стадии рудообразования.

Изучением **Дальнегорского** боросиликатного месторождения в Приморском крае минералого-геохимическими (REE и рассеянные элементы), изотопно-



Рис. 7. Лигнитизированная древесина с содержанием германия 5 % (в золе). Павловское бурогольное месторождение, Приморье. № образца: 39/21. Размер фрагментов в среднем: 5×3×1. Коллекция И. Ю. Чекрыжова. Фото Т. В. Князевой

Fig. 7. High-germanium (5 % in ash) lignitized woody coal. Pavlovskoe brown coal deposit, Primorye. Sample number: 39/21. Size: 6×3×1. Collection by I. Yu. Chekryzhov. Photo by T. V. Knyazeva

геохимическими (изотопы бора и кислорода), термобарогеохимическими (температура и составы флюидов) и геологическими методами доказано, что отрабатываемые датолитовые руды являются продуктом регенерации раннего данбурита. Выполненными исследованиями создана фундаментальная основа для оценки перспектив наращивания запасов боросиликатного сырья в Дальнегорском районе [8].

Приморские самоцветы, относящиеся к стратегическим материалам, привлекают внимание благодаря развитию технологий облагораживания (сапфиры), а также в связи с необходимостью применения свойств самоцветов (благородные опалы) при разработке композитных материалов для микроэлектроники и информационных технологий. Самоцветы Приморья также представлены на выставке и в науч-

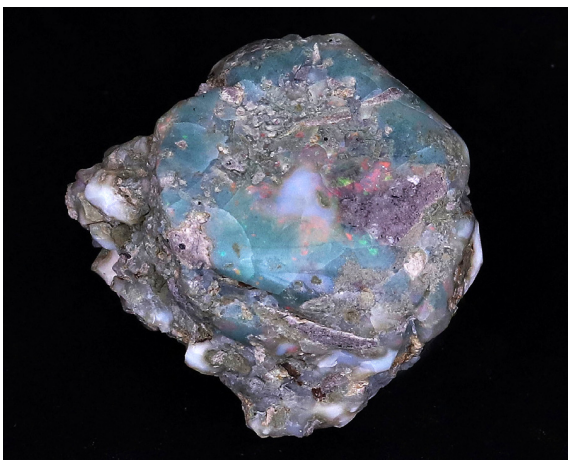


Рис. 8. Благородный опал. Месторождение Радужное, Пожарский р-н, Приморье. № образца: 62/17. Размер: 4×3×2. Коллекция В. В. Тишкиной. Фото Т. В. Князевой

Fig. 8. Precious opal. Raduzhnoe deposit, Pozharsky district, Primorye. Sample number: 62/17. Size: 4×3×2. Collection by V. V. Tishkina. Photo by T. V. Knyazeva

ных работах. Например, разработанная методика облагораживания корундов Незаметнинского месторождения может в несколько раз увеличить объем ювелирного сырья месторождения, повысив целесообразность его добычи [5]. Выявлены причины разнообразия цветных характеристик благородных опалов (рис. 8) [10].

Заключение

Представленная экспозиция, несомненно, будет дополняться новыми интересными находками и результатами их исследований. Особо хотелось бы отметить новый коллективный проект «Петрогенезис редкометалльно-гранитных магм в полихронных магматических узлах на активных окраинах континентов (на примере Южного Сихотэ-Алиня)», направленный на реконструкцию механизмов формирования редкометалльно-гранитных магм в полихронных (долгоживущих) магматических узлах и выявление главных факторов формирования высокоредкометалльных и высокопродуктивных рудно-магматических систем. В качестве ключевых объектов для исследования выбраны три участка проявления редкометалльных рудоносных (Sn-W) гранитоидов в Южном Сихотэ-Алине: штоки Забытый (рис. 9), Тигриний, а также Антоновский массив.

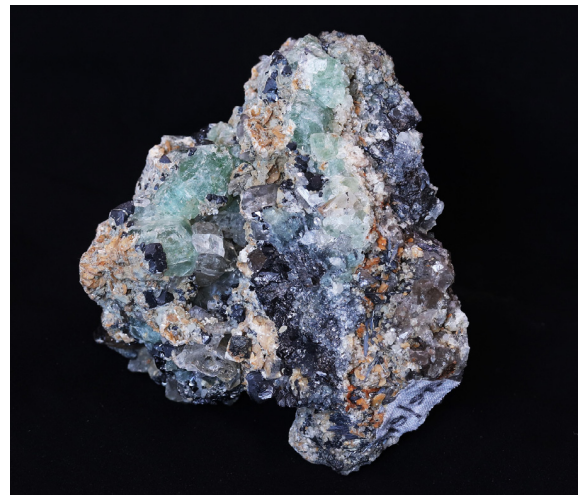


Рис. 9. Фрагмент жилы с крупными кристаллами флюорита, вольфрамитом и топазом. Месторождение Забытое, жила Голубая, Приморье. № образца: 19/91. Размер: 11×10×6. Коллекция Д. Г. Федосеева. Фото Т. В. Князевой

Fig. 9. A fragment of a lode with large crystals of fluorite, wolframite and topaz. Zabytoye deposit, Golubaya lode, Primorye. Sample number: 19/91. Size: 11×10×6. Collection by D. G. Fedoseev. Photo by T. V. Knyazeva

Выполненные исследования позволят наметить основные направления промышленного освоения российских месторождений юга Дальнего Востока, их комплексного использования и глубокой переработки. Развитие ресурсной базы цветной и черной металлургии, включая руды редких, благородных металлов, вольфрама, олова, меди, свинца, цинка, а также неметаллических полезных ископаемых стратегического значения (бор, камнесамоцветное сырье), требует разработки современных научно-методических основ

прогнозирования и поисков оруденения для выделения перспективных площадей, выяснения характера распространения руд на глубину, переоценки запасов месторождений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 18-17-00004, № 17-05-00910, № 20-05-00525, № 16-05-00283) и гранта ДВО РАН № 15-1-2-0030. Автор благодарит рецензентов за ценные замечания и предложения при подготовке статьи.

Литература

1. Гвоздев В. И., Доброшевский К. Н., Вах А. С., Горячев Н. А., Степанов В. А., Федосеев Д. Г. Малиновское месторождение — новый тип золоторудной минерализации в Приморском крае, Россия (геология, минералогия, генезис) // Тихоокеанская геология. 2016. Т. 35. № 1. С. 37—53.

2. Доброшевский К. Н., Гвоздев В. И., Шлыков С. А., Степанов В. А., Федосеев Д. Г. Вещественный состав и геохимические особенности руд Малиновского золоторудного месторождения (Приморский край, Россия) // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36. № 5. С. 59—74.

3. Максимов С. О., Сафронов П. П. Геохимические особенности и генезис континентальных кобальтоносных железомарганцевых образований // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 7. С. 931—950.

4. Молчанов В. П., Медков М. А., Юдаков А. А. Пути промышленного освоения золото-ильменитовых россыпей ультрабазитов Сихотэ-Алиня // Наука Северо-Востока России: фундаментальные и прикладные исследования в Северной Пацифике и Арктике: Сборник трудов конференции. Магадан, 2020.

5. Пахомова В. А., Николаева К. Н., Тишкина В. Б. и др. Облагораживание сапфиров месторождения Незаметнинское (Дальний Восток России) // Геммология: Сборник статей. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2017. С. 102—112.

6. Первозникова Е. В., Казаченко В. Т. Золото-палладий-платиновая минерализация палеоценовых взрывных структур Таухинского террейна (Сихотэ-Алинь) // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39. № 4. С. 77—92.

7. Первозникова Е. В., Казаченко В. Т. Первая находка родингитов с золото-палладий-платиновой минерализацией в Сихотэ-Алине // Литосфера. 2017. Т. 17. № 5. С. 127—146.

8. Раткин В. В., Елисеева О. А., Пандиан М. С. и др. Этапность и условия формирования продуктивных минеральных ассоциаций Дальнегорского боросиликатного месторождения (Сихотэ-Алинь) // Записки Российского минералогического общества. 2017. Т. 146. № 5. С. 1—19.

9. Рябченко В. М., Гоневчук В. Г., Гореликова Н. В., Гоневчук Г. А. Взрывные брекчи Высокогорского олово-порфирового месторождения: генезис и роль в рудообразовании (Кавалеровский рудный район, Приморье) // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36. № 3. С. 41—56.

10. Тишкина В. Б., Пахомова В. А., Федосеев Д. Г., Карабцов А. А., Зарубина Н. В. Причины разнообразия цветовых характеристик благородных опалов // Новые идеи в науках о Земле: Международная научно-практическая конференция. М., 2017. С. 183—184.

11. Федосеев Д. Г. Геология и генезис разнометалльного оруденения в процессе формирования шеелит-сульфидного месторождения Кордонное (Малиновский рудный узел) (Дальний Восток России) // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 114—119.

12. Ханчук А. И., Молчанов В. П., Андросов Д. В. Первые данные о проявлениях благороднометалльно-редкоземельной минерализации в графитоносных породах северной окраины Ханкайского террейна // ДАН. 2018. Т. 482. № 6. С. 705—707.

13. Ханчук А. И., Молчанов В. П., Андросов Д. В. Первые находки самородных золота и платины в ильменитовых россыпях Ариадненской интрузии базит-ультрабазитов (Приморье) // ДАН. Науки о земле. 2020. Т. 492. № 2. С. 39—43.

14. Pavlyutkin B. I., Petrenko T. I., Chekryzhov I. Yu., Nechaev V. P., Moore T. A. The plant biostratigraphy of the Cenozoic coal-bearing formations in Primorye, Russian Far East // International Journal of Coal Geology. 220 (2020). P. 1—21.

References

1. Gvozdev V. I., Dobroshevskii K. N., Vakh A. S., Goriachev N. A., Stepanov V. A., Fedoseev D. G. *Malinovskoe mestorozhdenie — novyi tip zolotorudnoi mineralizatsii v Primorskom krae, Rossiia (geologiya, mineralogiia, genезis)*. (Malinovskoe deposit — a new type of gold ore mineralization in Primorsky Krai, Russia (geology, mineralogy, genesis). Pacific Geology, 2016, V. 35, No. 1, pp. 37—53.

2. Dobroshevskii K. N., Gvozdev V. I., Shlykov S. A., Stepanov V. A., Fedoseev D. G. *Veshchestvennyi sostav i geokhimicheskie osobennosti rud Malinovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniia (Primorskii kraj, Rossiia)*. (The material composition and geochemical characteristics of the ores of the Malinovskiy gold ore deposit (Primorye region, Russia). Pacific Geology, 2017, V. 36, No. 5, pp. 59—74

3. Maksimov S. O., Safronov P. P. *Geokhimicheskie osobennosti i genезis kontinental'nykh kobalt'onosnykh zhelezomargantsevnykh obrazovaniy*. (Geochemical features and genesis of continental cobalt-rich ferromanganese formations). Geology and Geophysics, 2018, V. 59, No. 7, pp. 931—950

4. Molchanov V. P., Medkov M. A., Iudakov A. A. *Puti promyshlennogo osvoeniia zoloto-il'menitovykh rossypey ul'trabazitov Sikhote-Alinia*. (Ways of industrial development of gold-ilmenite placers of Sikhote-Alin ultramafic rocks). Proceedings of the conference "Science of the North-East of Russia: fundamental and applied research in the North Pacific and the Arctic." Magadan, 5—6 March 2020

5. Pahomova V. A., Nikolaeva K. N., Tishkina V. B., Fedoseev D. G., Kul'tenko S. Ju., Odarichenko Je. G., Soljanik V. A. *Oblagorazhivanie sapfirov mestorozhdeniya Nezametninskoe (Dal'nij Vostok Rossii)*. (Refining sapphires of the Nezametninskoe deposit (Far East of Russia). Gemmology: Collection of articles. Tomsk: Publishing house of Tomsk CNTI, 2017, pp. 102—112.

6. Perevoznikova E. V., Kazachenko V. T. *Zoloto-palladij-platinovaja mineralizatsija paleocenovyyh jeksplozivnykh struktur Tauhinskogo terrejna (Sihotje-Alin')*. (Gold-palladium-platinum mineralization of the Paleocene explosive structures of the Taukha terrane (Sikhote-Alin). Pacific Geology, 2020, V. 39, No. 4, pp. 77—92

7. Perevoznikova E. V., Kazachenko V. T. *Pervaja nahodka rodingitov s zoloto-palladij-platinovoj mineralizatsiej v Sihotje-Aline*. (The first find of rodingites with gold-palladium-platinum mineralization in Sikhote-Alin). Lithosphere, 2017, V. 17, No. 5, pp. 127—146.

8. Ratkin V. V., Eliseeva O. A., Pandian M. S., Orehov A. A., Mohapatra M., Vishnuprajya S. K. *Jetapnost' i uslovija formirovaniya produktivnykh mineral'nykh asociacij Dal'negorskogo boro-*



silikatnogo mestorozhdenija (Sihotje-Alin'). (Stages and conditions for the formation of productive mineral associations of the Dalnegorsk borosilicate deposit (Sikhote-Alin). Notes of the Russian Mineralogical Society, 2017, V. 146, No. 5, pp. 1–19.

9. Rjabchenko V. M., Gonevchuk V. G., Gorelikova N. V., Gonevchuk G. A. *Jeksplozivnye brekchii Vysokogorskogo olovo-porfirovogo mestorozhdenija: genezis i rol' v rudoobrazovanii (Kavalerovskij rudnyj rajon, Primor'e)*. (Explosive breccias of the Vysokogorsk porphyry tin deposit: genesis and role in ore formation (Kavalerovsky ore district, Primorye). *Tikhookeanskaya geologiya*, 2017, V. 36, No. 3, pp. 41–56.

10. Tishkina V. B., Pahomova V. A., Fedoseev D. G., Karabcov A. A., Zarubina N. V. *Prichiny raznoobrazija cvetovykh karakteristik blagorodnykh opalov*. (Reasons for the variety of color characteristics of noble opals. International Scientific and Practical Conference «New Ideas in Earth Sciences». Moscow: 2017, pp. 183–184

11. Fedoseev D. G. *Geologija i genezis raznometal'nogo orudnenija v processe formirovanija sheelit-sul'fidnogo mestorozhdenija Kordonnoe (Malinovskij rudnyj uzul) (Dal'nij Vostok Rossii)*. (Geology and genesis of different-metal mineralization during the formation of the scheelite-sulfide deposit Kordonnoye

(Malinovskiy ore cluster) (Russian Far East). *Bulletin of the FEB RAS*, 2017, No. 4, pp. 114–119.

12. Hanchuk A. I., Molchanov V. P., Androsova D. V. *Pervye dannye o projavlenijah blagorodnometal'no-redkozemel'noj mineralizacii v grafitonosnykh porodah severnoj okrainy Hankskogo terrejna*. (The first data on manifestations of noble metal-rare earth mineralization in graphite-bearing rocks of the northern margin of the Khanka Terrane). *Reports of the Russian Academy of Sciences*, 2018, V. 482, No. 6, pp. 705–707

13. Hanchuk A. I., Molchanov V. P., Androsova D. V. *Pervye nahodki samorodnykh zolota i platiny v il'menitovykh rossypjakh Ariadenskoj intruzii bazit-ul'trabazitov (Primor'e)*. (The first finds of native gold and platinum in ilmenite placers of the Ariadno intrusion of basic-ultramafic rocks (Primorye). *Reports of the Russian Academy of Sciences. Geosciences*, 2020, V. 492, No. 2, pp. 39–43.

14. B.I. Pavlyutkin, T. I. Petrenko, I. Yu. Chekryzhov, V. P. Nechaev, T. A. Moore. The plant biostratigraphy of the Cenozoic coal-bearing formations in Primorye, Russian Far East. *International Journal of Coal Geology*, 220, 2020, pp. 1–21.

Поступила в редакцию / Received 12.05.2021

К 85-летию со дня рождения академика Н. П. Юшкина

20 мая 2021 года в Институте геологии имени академика Н. П. Юшкина состоялось совместное заседание ученого совета Института геологии и Сыктывкарского отделения Российского минералогического общества, посвященное 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РСФСР и Коми АССР, почетного разведчика недр, лауреата премии Совета министров СССР, почетного гражданина г. Сыктывкара, директора Института геологии (1985—2008), доктора геолого-минералогических наук, профессора, академика Российской академии наук Николая Павловича ЮШКИНА (1936—2012).

Программа заседания включала доклады и презентации, подготовленные сотрудниками института к памятной дате.

ПРОГРАММА

Слово об учителе
Академик А. М. Асхабов

Путь длиною в жизнь (фильм-презентация)
К. г.-м. н. И. С. Астахова

Из истории ЛабГиЭМ
(по материалам АстаГиЭМ).
П. П. Юхтанов

Сыктывкарская минералогическая школа
Д. г.-м. н. С. К. Кузнецов

Академик Н. П. Юшкин — организатор
и руководитель полевых студенческих практик
на кафедре геологии СГУ
К. г.-м. н. Т. П. Майорова



Профессор Н. П. Юшкин читает лекцию для студентов базовой кафедры геологии СыктГУ в зале ученого совета Института геологии, 2006 г.

Professor N. P. Yushkin gives a lecture for students of the basic department of geology of Syktывkar State University in the Scientific Council Hall of the Institute of geology, 2006

On the occasion of the 85th anniversary of Academician N. P. Yushkin

On May 20, 2021, a joint meeting of the Academic Council of the Institute of geology and the Syktывkar Branch of the Russian Mineralogical Society was held at the Institute of geology named after Academician N. P. Yushkin, which was dedicated to the 85th anniversary of the Honored Scientist of the RSFSR and Komi ASSR, Honorary Explorer of Mineral Resources, Laureate of the Prize of the Council of Ministers of the USSR, Honorary Citizen of Syktывkar, Director of the Institute of geology (1985—2008), Doctor of geological and mineralogical sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences Nikolay Pavlovich YUSHKIN (1936—2012).

The program of the meeting included reports and presentations prepared by the staff of the institute for the memorable date.

PROGRAM

A word about the teacher
Academician A. M. Askhabov

A lifelong journey (presentation film)
Cand. Sci (geology and mineralogy). I. S. Astakhova

From the history of LabGEM
(based on materials from Acta GEM)
P. P. Yukhtanov

Syktывkar Mineralogical School.
Dr. Sci (geology and mineralogy) S. K. Kuznetsov

Academician N. P. Yushkin — organizer
and leader of field periods at the Department
of Geology of SyktSU
Cand. Sci (geology and mineralogy) T. P. Mayorova



У истоков сыктывкарской минералогической школы, 1970 г.

At the origins of the
Syktывkar Mineralogical
School, 1970



Академик Н. П. Юшкин (в центре) и его аспиранты — академик А. М. Асхабов (слева) и профессор Ю. Л. Войтеховский (справа), 2007 г.

Academician N. P. Yushkin (center) and his graduate students — Academician A. M. Askhabov (left) and Professor Yu. L. Voitekhovskiy (right), 2007



Будни полевого сезона • Field season routine





Страница памяти • Memory page

Журнал «Вестник геонаук» с глубоким прискорбием сообщает, что 28 мая 2021 года на 100-м году жизни скончался

**Александр
Иванович
ЖАМОЙДА**



Vestnik of Geosciences journal with deep regret informs that on May 28, 2021, in his 100th year of life died

**Alexander
Ivanovich
ZHAMOYDA**

Член-корреспондент РАН, выдающийся ученый и организатор науки, председатель Межведомственного стратиграфического комитета России и вице-президент Палеонтологического общества, бесценный эксперт и популист нашего издания, научный куратор и коллега многих авторов журнала.

Мы всегда будем благодарны ему за большой вклад в развитие журнала «Вестник геонаук».

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, an outstanding researcher and organizer of science, Chairman of the Interdepartmental Stratigraphic Committee of Russia and Vice President of the Paleontological Society, invaluable expert and communicator of our journal, scientific curator and colleague of many authors of the journal.

We will always be grateful to him for his great contribution to the development of *Vestnik of Geosciences*.

Журнал «Вестник геонаук» с глубоким прискорбием сообщает, что 21 мая 2021 года на 48-м году жизни скоропостижно скончалась

**Снежана
Александровна
БОЖЕСКО**



Vestnik of Geosciences journal with deep regret informs that on May 21, 2021

**Snezhana
Alexandrovna
BOZHESKO**

Выражаем соболезнование родным, близким, коллегам.

Мы всегда будем помнить ее неоценимый вклад в деятельность Института геологии и развитие журнала «Вестник геонаук».

died suddenly in her 48th year of life.

We express our condolences to her relatives, friends, colleagues.

We will always remember her invaluable contribution to the activities of the Institute of geology and development of *Vestnik of Geosciences*.

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: 30.06.2021. Формат бумаги 60 × 84 1/8. Печать RISO. Усл. п. л. 6. Тираж 140. Заказ 1156. 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. Соболевой, Ю. Глухова, В. Салдина, К. Романова.