

REGIONAL GEOLOGY AND METALLOGENY

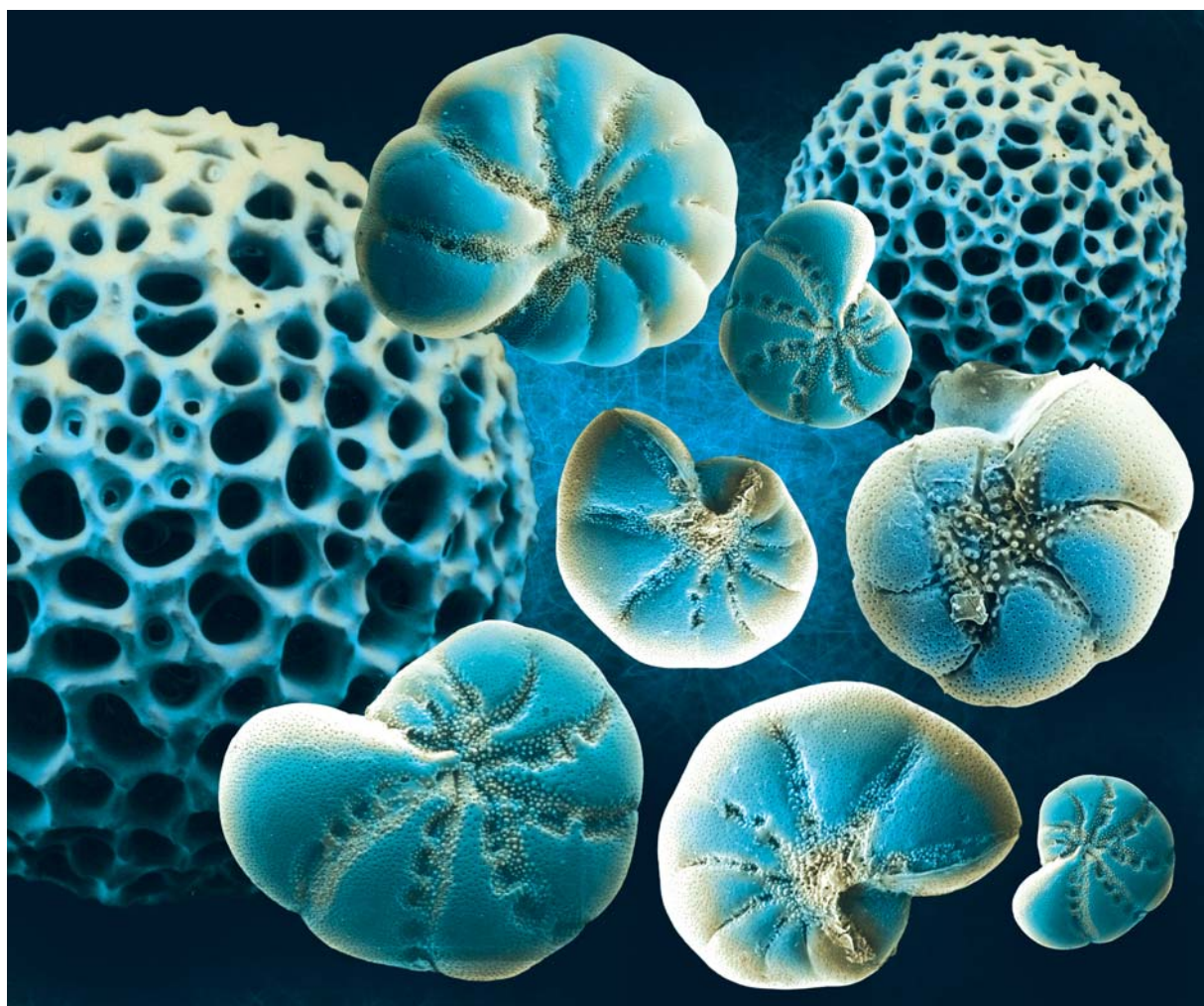
ISSN 0869-7892 (Print)

# РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Российский научный журнал | Russian scholarly journal | Том 32 | № 4 (104)



ВСЕРОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. А. П. КАРПИНСКОГО



Стр. 8

Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры  
юго-западной окраины Приморья

Стр. 148

Памяти Эльзы Сергеевны Плешивцевой (1933–2024)

ТОМ 32

№ 4 (104)

2025

ISSN 0869-7892 (Print)

# РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Российский научный журнал

# REGIONAL GEOLOGY and METALLOGENY

Russian scholarly journal

Основан в 1993 году  
Founded in 1993

Учредитель — Всероссийский научно-исследовательский  
геологический институт им. А. П. Карпинского  
Founder — All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky

**Том 32**

**№ 4 (104) 2025**

Выходит 4 раза в год

**Volume 32**

**no. 4 (104) 2025**

Issued 4 times a year

Санкт-Петербург  
St. Petersburg

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Главные редакторы:

**П. В. Химченко**, канд. техн. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

**М. А. Ткаченко**, канд. геол.-минерал. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

### Заместители главных редакторов:

**Т. Ю. Толмачева**, д-р геол.-минерал. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

**В. И. Леонтьев**, канд. геол.-минерал. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

### Редакционный совет:

**В. В. Аркадьев**, д-р геол.-минерал. наук,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
(Санкт-Петербург, Россия)

**Г. С. Бискэ**, д-р геол.-минерал. наук,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
(Санкт-Петербург, Россия)

**Н. С. Бортников**, д-р геол.-минерал. наук,  
акад. РАН, ИГЕМ РАН (Москва, Россия)

**В. И. Вялов**, д-р геол.-минерал. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

**А. С. Егоров**, д-р геол.-минерал. наук, проф.,  
Горный университет (Санкт-Петербург, Россия)

**О. К. Ермилова**, ФГБУ «Институт Карпинского»  
(Санкт-Петербург, Россия)

**Р. Зельтманн**, д-р естествознания, проф.,  
Музей естествознания (Лондон, Великобритания)

**С. Н. Кашубин**, д-р геол.-минерал. наук, проф.,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

**А. Б. Котов**, д-р геол.-минерал. наук, проф.,  
чл.-кор. РАН, ИГД РАН (Санкт-Петербург, Россия)

**Ю. Б. Миронов**, д-р геол.-минерал. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

**А. В. Молчанов**, д-р геол.-минерал. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

**В. Ф. Проскурнин**, д-р геол.-минерал. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

**А. Ю. Розанов**, д-р геол.-минерал. наук, проф.,  
акад. РАН, ПИН РАН (Москва, Россия)

**А. П. Сысоев**, д-р техн. наук,  
Горный университет (Санкт-Петербург, Россия)

**А. И. Ханчук**, д-р геол.-минерал. наук, проф.,  
акад. РАН, ДВГИ ДВО РАН (Владивосток, Россия)

**А. К. Худoley**, д-р геол.-минерал. наук,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
(Санкт-Петербург, Россия)

**В. В. Шатов**, канд. геол.-минерал. наук,  
ФГБУ «Институт Карпинского» (Санкт-Петербург, Россия)

**В. В. Шиманский**, д-р геол.-минерал. наук, проф.,  
ФГБУ «ВНИГНИ» (Санкт-Петербург, Россия)

## EDITORIAL BOARD

### Editors-in-Chief:

**P. V. Khimchenko**, PhD (Engineering),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

**M. A. Tkachenko**, PhD (Geology and Mineralogy),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

### Deputy Editors-in-Chief:

**T. Yu. Tolmacheva**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

**V. I. Leontev**, PhD (Geology and Mineralogy),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

### Editorial Council:

**V. V. Arkadiev**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Saint-Petersburg University  
(St. Petersburg, Russia)

**G. S. Biske**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Saint-Petersburg University  
(St. Petersburg, Russia)

**N. S. Bortnikov**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Acad. of RAS, IGEM RAS (Moscow, Russia)

**V. I. Vyalov**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

**A. S. Egorov**, DSc (Geology and Mineralogy), Prof.,  
Saint-Petersburg Mining University (St. Petersburg, Russia)

**O. K. Ermilova**, Karpinsky Institute  
(St. Petersburg, Russia)

**R. Seltmann**, PhD (Dr. rer. nat.), Prof.,  
Natural History Museum (London, UK)

**S. N. Kashubin**, DSc (Geology and Mineralogy), Prof.,  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

**A. B. Kotov**, DSc (Geology and Mineralogy), Prof.,  
Corr. Mem. of RAS, IPGG RAS (St. Petersburg, Russia)

**Yu. B. Mironov**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

**A. V. Molchanov**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

**V. F. Proskurnin**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

**A. Yu. Rozanov**, DSc (Geology and Mineralogy), Prof.,  
Acad. of RAS, PIN RAS (Moscow, Russia)

**A. P. Sysoev**, DSc (Engineering),  
Saint-Petersburg Mining University (St. Petersburg, Russia)

**A. I. Khanchuk**, DSc (Geology and Mineralogy), Prof.,  
Acad. of RAS, FEGI FEB RAS (Vladivostok, Russia)

**A. K. Khudoley**, DSc (Geology and Mineralogy),  
Saint-Petersburg University  
(St. Petersburg, Russia)

**V. V. Shatov**, PhD (Geology and Mineralogy),  
Karpinsky Institute (St. Petersburg, Russia)

**V. V. Shimanskiy**, DSc (Geology and Mineralogy), Prof.,  
VNIIGNI (St. Petersburg, Russia)

Журнал «Региональная геология и металлогения» включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Журнал включен в национальную библиографическую базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), доступную в сети Интернет по адресу <https://elibrary.ru/> (Научная электронная библиотека), и в электронную базу GeoRef.

При перепечатке ссылка на журнал «Региональная геология и металлогения» обязательна.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

*Regional Geology and Metallogeny* is included in the list of peer-reviewed journals that publish the main research findings of PhD and doctoral dissertations.

The journal is included in the national bibliographic database Russian Science Citation Index (RSCI) available online at <https://elibrary.ru/> (Scientific electronic library) and in the electronic database GeoRef.

When copying materials, refer to the journal *Regional Geology and Metallogeny*.

The editorial team's viewpoint may not coincide with the article writers' opinions.

## УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского»  
© Все права защищены  
ISSN 0869-7892 (Print)

## FOUNDER AND PUBLISHER

Federal State Budgetary Enterprise  
"All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky"  
© All rights reserved  
ISSN 0869-7892 (Print)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ФС77-82858 от 31.03.2022 выдано Федеральной службой  
по надзору в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

The Federal Service for Supervision of Communications,  
Information Technology,  
and Mass Media (Roskomnadzor) issued  
Reg. no. ПИ ФС77-82858 dated 31.03.2022.

## АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ

199106, Россия, Санкт-Петербург, Средний пр., 74  
Научный журнал «Региональная геология и металлогения»  
Тел. +7 (812) 328-90-90, доб. 2323  
E-mail: izdatel@karpinskyinstitute.ru  
Сайт журнала: <https://reggeomet.elpub.ru/>

## EDITORIAL AND PUBLISHER'S OFFICES

74 Sredny pr., St. Petersburg, Russia, 199106  
Scholarly Journal *Regional Geology and Metallogeny*  
Tel. +7 (812) 328-90-90, ext. 2323  
E-mail: izdatel@karpinskyinstitute.ru  
Official website: <https://reggeomet.elpub.ru/>

## РЕДАКЦИЯ

Заведующий издательством О. В. Ярцева  
Научный редактор Е. Е. Зорина, канд. пед. наук, доц.  
Литературный редактор А. А. Миндрик  
Верстальщик О. Е. Степурко  
Технический редактор О. Е. Степурко

## EDITORIAL TEAM

Head of Publishing House O. V. Yartseva  
Science editor E. E. Zorina, PhD (Education), Assoc. Prof.  
Literary editor A. A. Mindrik  
Layout designer O. E. Stepurko  
Technical editor O. E. Stepurko

Оформление обложки А. В. Лукьянов  
с использованием измененных фотографий автора Ханнес Гробе  
с <https://commons.wikimedia.org/>: Radiolarian shell, Benthic foraminifera  
Elphidium incertum from the Baltic Sea, Elphidium sp. (benthic foraminifera),  
Benthic foraminifera Elphidium excavatum from the Baltic Sea,  
используемых по лицензии CC BY 3.0.

Cover design A. V. Lukyanov  
with the modified photographs by the author Hannes Grobe  
from <https://commons.wikimedia.org/>: Radiolarian shell, Benthic  
foraminifera Elphidium incertum from the Baltic Sea, Elphidium sp.  
(benthic foraminifera), Benthic foraminifera Elphidium excavatum  
from the Baltic Sea, used under CC BY 3.0.

## ТИПОГРАФИЯ

Отпечатано на Санкт-Петербургской картографической фабрике  
Института Карпинского  
199178, Россия, Санкт-Петербург, Средний пр., 72  
Тел. +7 (812) 328-91-90  
E-mail: karta@karpinskyinstitute.ru  
Сайт: <https://kf-karpinsky.ru/>

## PRINTING HOUSE

Printed at Saint Petersburg Cartographic Factory  
of Karpinsky Institute  
72 Sredny pr., Saint Petersburg, Russia, 199178  
Tel. +7 (812) 328-91-90  
E-mail: karta@karpinskyinstitute.ru  
Official website: <https://kf-karpinsky.ru/>

## ПОДПИСКА

Подписка на научный журнал осуществляется через каталог  
подписного агентства «Урал-Пресс» (подписной индекс — 015348).

Издается с 1993 года.  
Выходит ежеквартально (четыре раза в год).  
Свободная цена.

## SUBSCRIPTION

Subscription of the journal is available via the Ural-Press agency  
(subscription index — 015348).

It has been published since 1993.  
It is a quarterly journal (four issues per year).  
Free of charge.

Подписано в печать 22.12.2025. Дата выхода в свет 30.12.2025.  
Печ. л. 20,5. Уч.-изд. л. 21,3. Формат 60×84/8.  
Тираж 70 экз. Заказ № 80001100

Signed to print 22.12.2025. Published 30.12.2025.  
Printer's sheet 20.5. Publisher's record sheet 21.3. Format 60×84/8.  
Circulation 70 copies. Order no. 80001100.

## СОДЕРЖАНИЕ

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

<i>Ю. А. Микишин, И. Г. Гвоздева, Т. И. Петренко, А. В. Романова</i> Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры юго-западной окраины Приморья .....	8
<i>Ю. В. Новосёлова, С. А. Горбаренко</i> Пространственное распределение пыльцы в современных донных осадках Японского моря .....	23
<i>А. В. Иванова, А. С. Тесаков</i> Палинологическая характеристика пешнёвской свиты (ранний плиоцен) юга Западной Сибири .....	30
<i>Л. Р. Семенова</i> Оледенения Ловозёрских тундр (Кольский полуостров) в позднем неоплейстоцене .....	40
<i>А. П. Фоменко, А. О. Аксенов, В. Ю. Кузнецов, А. Ю. Петров, Л. А. Савельева</i> К вопросу о возрасте органогенных отложений разреза «Ленэнерго» (юго-восточное Приладожье) .....	57
<i>Г. Ю. Ямских, Н. Ю. Жаринова, А. А. Ямских, Д. Е. Макаrchук, Р. А. Колесников</i> Палеогеографическая характеристика условий формирования палеопочв каргинского интерстадиала на примере разреза Татышев Красноярской котловины .....	69
<i>О. В. Шурекова</i> Корреляционный потенциал диноцист берриаса (нижний мел) Крымско-Кавказско-Каспийского региона .....	84
<i>И. В. Кислухин, Г. Л. Розбаева</i> Проблема корреляции отложений рязанского и валанжинского ярусов на северо-востоке Западной Сибири .....	94
<i>Е. С. Разумкова, Е. В. Замараев</i> Палеоэкологические условия среднего триаса (анизий) Карского моря по данным палинологии и анализа экогрупп спороморф (СЭГ-анализ) .....	103

## МЕТАЛЛОГЕНИЯ

<i>Д. С. Артемьев, В. И. Леонтьев</i> Последовательность формирования рудной минерализации Майского месторождения (Центральная Чукотка) .....	113
<i>Г. А. Козлов, Б. А. Калмыков, А. А. Трусов, Д. И. Гилязов, А. В. Осипов, В. И. Леонтьев</i> Новые перспективы коренной алмазности Намана-Синского района, Республика Саха (Якутия) .....	130

## ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Памяти Эльзы Сергеевны Плешивцевой (1933–2024) .....	148
Памяти Всеволода Георгиевича Ауслендера (1936–2024) .....	154

## ВETERАНЫ ГЕОЛОГИИ

Маршрут длиною в жизнь .....	160
------------------------------	-----

## CONTENTS

## REGIONAL GEOLOGY

---

<i>Yu. A. Mikishin, I. G. Gvozdeva, T. I. Petrenko, A. V. Romanova</i> Subfossil pollen assemblages of the southwestern margin of Primorye, Russian Far East .....	8
<i>Yu. V. Novoselova, S. A. Gorbarenko</i> Spatial distribution of pollen in the Sea of Japan's modern bottom sediments .....	23
<i>A. V. Ivanova, A. S. Tesakov</i> The Peshnevo Formation (Early Pliocene) palynology in southern Western Siberia .....	30
<i>L. R. Semenova</i> Late Neopleistocene glaciations of Lovozero Tundra (Kola Peninsula) .....	40
<i>A. P. Fomenko, A. O. Aksenov, V. Yu. Kuznetsov, A. Yu. Petrov, L. A. Savelieva</i> Age of organic-rich deposits in the Lenenergo section (southeastern Lake Ladoga region) .....	57
<i>G. Yu. Yamskikh, N. Yu. Zharinova, A. A. Yamskikh, D. E. Makarchuk, R. A. Kolesnikov</i> Paleogeographic characteristics of the Karginsky interstadial paleosols formation conditions in the Tatyshchev section of the Krasnoyarsk depression .....	69
<i>O. V. Shurekova</i> Correlation potential of the Berriasian dinocysts (Lower Cretaceous) in the Crimean–Caucasian–Caspian Sea region .....	84
<i>I. V. Kislukhin, G. L. Rozbaeva</i> The Ryazanian–Valanginian correlation problem in northeastern West Siberia .....	94
<i>E. S. Razumkova, E. V. Zamaraev</i> Paleoecological conditions of the Middle Triassic (Anisian) in the Kara Sea based on palynology and sporomorph ecogroup analysis (SEG) .....	103

## METALLOGENY

---

<i>D. S. Artemev, V. I. Leontev</i> Ore mineralization formation stages in the Mayskoe deposit (Central Chukotka) .....	113
<i>G. A. Kozlov, B. A. Kalmykov, A. A. Trusov, D. I. Giliyazov, A. V. Osipov, V. I. Leontev</i> New prospects for primary diamond potential in the Namana-Sinsk region, Republic of Sakha (Yakutia).....	130

## MEMORIALS

---

In memory of Elza S. Pleshivtseva (1933–2024) .....	148
In memory of Vsevolod G. Auslender (1936–2024) .....	154

## VETERANS OF GEOLOGY

---

Route of a lifetime .....	160
---------------------------	-----

*Уважаемые авторы и читатели, коллеги и друзья!*

*Российский научный журнал  
«Региональная геология и металлогения»  
поздравляет вас с наступающим Новым годом и Рождеством!*

*Уходящий год стал для нас временем ярких научных событий и достижений.  
На страницах журнала мы вместе с вами делились результатами  
научных работ, обсуждали новые открытия  
и определяли перспективы для будущих исследований.  
Каждая опубликованная работа — это весомый вклад в развитие  
геологической науки, и мы искренне благодарим каждого автора  
и все научное сообщество за сотрудничество и доверие.*

*Мы с уверенностью смотрим в будущее и встречаем Новый год  
в ожидании научных свершений. Убеждены, что наша совместная работа,  
основанная на открытом обмене знаниями,  
будет и впредь способствовать прогрессу отечественной геологии  
и укреплению ее потенциала.*

*От всей души желаем вам крепкого здоровья,  
неиссякаемой творческой энергии и успешного воплощения научных идей!  
Пусть каждый день приносит радость, а ваши труды получают заслуженное  
признание. Желаем мира, благополучия и тепла вам и вашим близким!*



ВСЕРОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. А. П. КАРПИНСКОГО

Главные редакторы журнала  
«Региональная геология и металлогения»  
П. В. Химченко, М. А. Ткаченко



*Счастливого,  
Нового года!*  
2026

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В данном выпуске журнала «Региональная геология и металлогения» собраны статьи, посвященные памяти советского и российского палинолога, стратиграфа и геолога Эльзы Сергеевны Плешивцевой (1933–2024).

Научная деятельность Э. С. Плешивцевой была связана со Всероссийским научно-исследовательским геологическим институтом им. А. П. Карпинского и во многом отражает ключевые события и перемены в отечественной геологии, происходившие с середины XX в. по настоящее время, когда вопросы изучения четвертичного периода приобрели особую актуальность. Значительную роль в развитии этой отрасли сыграли исследования, проводившиеся на северо-западе Европейской части России, которые привлекали внимание ученых со всего мира. В 1950-х гг. на всей территории региона проводились геологосъемочные работы масштаба 1:200 000 и геолого-гидрогеологические работы масштаба 1:50 000, сопровождавшиеся большим объемом глубокого бурения. Благодаря этому было выявлено сложное строение четвертичной толщи северо-запада, и возникла необходимость в детальном изучении разрезов и их обоснованном стратиграфическом расчленении. Для этого в 1962 г. на базе Ленинградской комплексной геологической экспедиции (ЛКГЭ) была организована спорово-пыльцевая лаборатория, впоследствии переименованная в палеофитологическую. Со временем в лаборатории стали выполняться не только палеофлористические, но и палеофаунистические виды анализов для всего кайнозоя, мезозоя и палеозоя. Руководителем лаборатории с момента ее учреждения была Эльза Сергеевна Плешивцева.

Э. С. Плешивцева участвовала в составлении легенд Ильменской, Онежской и Мезенской серий листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (новая серия), а также лично выполняла необходимые для ЛКГЭ и Института Карпинского (тогда — ВСЕГЕИ) определения спор и пыльцы. За период работы специалисты лаборатории внесли существенный вклад в изучение четвертичных отложений севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы, Карелии и Кольского полуострова. На основе этих исследований произведено детальное расчленение толщи четвертичных отложений и разработана новая стратиграфическая схема севера и северо-запада Восточно-Европейской платформы, утвержденная Межведомственным стратиграфическим комитетом (1984 г.). В 2002 г. были завершены работы по созданию регионального банка микропалеонтологических данных и уточнению стратиграфии четвертичных отложений северо-запада Восточно-Европейской платформы.

Результаты этих исследований — прямая заслуга не только возглавляемого ею коллектива, но и лично Эльзы Сергеевны, которая была их непосредственным участником. До последних месяцев жизни она продолжала научную деятельность, публиковала результаты многочисленных исследований и подводила итоги многолетней работы.

В память об Эльзе Сергеевне статьи подготовили ее коллеги — палинологи со всей страны, а также друзья и соратники. Эти работы непосредственно связаны с направлениями научной деятельности Э. С. Плешивцевой, которая является достойным примером для молодых ученых.

Научная статья

УДК 56:581.33(571.63)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_8-22

**Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры юго-западной окраины Приморья****Ю. А. Микишин✉, И. Г. Гвоздева,  
Т. И. Петренко, А. В. Романова**Дальневосточный геологический институт  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия, [yurimikishin@fegi.ru](mailto:yurimikishin@fegi.ru)**Ключевые слова:** современные отложения, низкая аккумулятивная равнина, прибрежно-морская лесостепь, редколесья дуба, бухта Экспедиции, река Туманная, Хасанский район Приморья**Финансирование:** исследование выполнено в рамках государственного задания Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук.**Для цитирования:** Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры юго-западной окраины Приморья / Ю. А. Микишин [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 8–22. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_8-22](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_8-22)

Original article

UDC 56:581.33(571.63)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_8-22

**Keywords:** modern sediments, low accumulative plain, coastal-marine forest steppe, oak open woodlands, Expedition Bay, Tumen River, Khasansky district of Primorye**Funding:** Far East Geological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences supported the research (state geological study).© Микишин Ю. А., Гвоздева И. Г.,  
Петренко Т. И., Романова А. В., 2025

**Аннотация.** Рассматриваются субфоссильные спорово-пыльцевые спектры и степень отражения ими растительного покрова на крайнем юге Дальнего Востока России. Проведено исследование 53 образцов современных отложений, отобранных на территории распространения прибрежно-морской лесостепи и дубовых редколесий, а также на дне прилегающих акваторий. Среди пыльцы древесных пород преобладают сосны густоцветковая и корейская (кедр), березы и дубы. Содержание пыльцы этих таксонов, за исключением дубов, в большинстве спектров неадекватно отражает характер растительного покрова, в пределах которого они формируются. В лесостепных спектрах лишь пыльца дубов, достигающая участия в почвенных и лагунно-озерных отложениях в среднем 35%, верно отражает их доминирование в лесах островных возвышенностей. В спектрах области развития редколесий дуба несоответствие характерным чертам растительности проявляется в меньшей степени, чем в лесостепи, за счет снижения в них роли пыльцы сосны корейской. Точнее всего растительность редколесий отражена спектрами почвенных отложений с максимальным, почти до 60%, содержанием пыльцы дубов. Аналогичное несоответствие наблюдается и в группе пыльцы травянистых растений. Пыльнь, преобладающая в спектрах отложений различного генезиса прибрежно-морской лесостепи, и семейство осоковых — в почвенных пробах среди редколесий дуба, уступают первенство в травостоях злакам и разнотравью.

**Subfossil pollen assemblages of the southwestern margin of Primorye, Russian Far East****Yu. A. Mikishin✉, I. G. Gvozdeva,  
T. I. Petrenko, A. V. Romanova**Far East Geological Institute,  
Far East Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia, [yurimikishin@fegi.ru](mailto:yurimikishin@fegi.ru)

**Abstract.** The paper considers pollen assemblages and their reflection of the vegetation cover in the southernmost Russian Far East. The research involved 53 samples of modern sediments collected in the coastal-marine forest steppe and oak open woodlands, as well as at the bottom of adjacent water areas. Pollen from Japanese red pine (*Pinus densiflora*) and Korean pine (*Pinus koraiensis*), birch and oak trees dominates in tree species. The pollen content of these species, excluding oak, does not adequately reflect the vegetation cover formed within most pollen assemblages. In forest steppe, only oak pollen reaching on average 35% values in soil and lagoon-lacustrine sediments is fully associated with oak prevalence in island

**For citation:** Subfossil pollen assemblages of the southwestern margin of Primorye, Russian Far East / Yu. A. Mikishin [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 8–22. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_8-22](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_8-22)

upland forests. The pollen assemblages in oak open woodlands development do not correspond to the vegetation cover to a lesser extent than in forest steppe due to reduced Korean pine pollen. Soil sediment assemblages, with the maximum oak pollen content of up to 60 %, are most representative of the open woodland vegetation. The same pattern of inadequacy to the vegetation cover is characteristic of herbaceous pollen. Grasses and various forbs outnumber wormwood dominating in the assemblages of coastal-marine forest steppe in sediments of various genesis, as well as sedges prevailing in soil samples from oak open woodlands.

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение субфоссильных спорово-пыльцевых спектров (далее — СПС) служит необходимым условием для восстановления палеосреды плейстоцена–голоцена. Его значение в последние десятилетия существенно возросло, что обусловлено не только устойчивым интересом научного сообщества, но и потребностью в объективной палеоклиматической оценке короткопериодических природных изменений, зафиксированных в голоцене многих регионов Северного полушария, в том числе и юго-западного Приморья [1–7]. Интерпретация палиноспектров, позволяющая выявлять эти изменения, базируется на характере отражения фитоценозов субфоссильными СПС. Одним из ключевых районов для получения такой информации является окраина юго-западного Приморья, прилегающая к долине нижнего течения пограничной р. Туманная (Туманган), которая в последние годы стала местом притяжения палеоландшафтных реконструкций голоцена [8–10]. Длительное время сведения о субфоссильных СПС для этой территории ограничивались устьевой областью р. Туманная [11]. В дальнейшем материалы, вместе с немногочисленными данными по соседнему участку побережья, послужили основой для выделения Хасанского типа СПС [12]. Существенно больший объем по составу спектров для протяженного (150 км) участка морского побережья от р. Туманная до р. Амба получен на начальном этапе детального изучения голоцена юго-западного Приморья, осуществляемого авторами [13]. Отражение основных типов растительности этой части края (многопородных широколиственных лесов с преобладанием дуба и хвойно-широколиственных сообществ) субфоссильными СПС было рассмотрено на основе изучения 66 образцов разнофациальных отложений. Впоследствии результаты этого исследования вошли в Евразийскую базу данных современных пыльцевых спектров [14]. Однако особенности растительного покрова окраины юго-западного Приморья, в первую очередь наличие обширной прибрежно-морской лесостепи, отсутствующей на других участках побережья края, в этих спектрах не получили достаточного отражения. Поэтому было проведено их дополнительное изучение в областях распространения лесостепи и редколесий дуба. Цель работы — охарактеризовать отражение данных растительных сообществ субфоссильными спорово-пыльцевыми спектрами разнофациальных отложений.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Спорово-пыльцевым анализом изучено 53 образца современных отложений юго-западной окраины Приморья (табл. 1). Пробы отбирались из почвенных отложений (луговые и лесные подстилки почв, включая гумусовый горизонт на глубину до 1 см), а также из донных осадков рек, озер, лагунно-озерных и морских (бух. Экспедиции) водоемов (рис. 1). Отбор образцов проводился в 1987 г. (№ 31, 32, 40, 41), 1990 г. (№ 2–5, 8–16, 29, 30, 48), 1994 г. (№ 1), 1995 г. (№ 6, 7, 17, 42), 2002 г. (№ 49), 2020 г. (№ 18–28, 33–39, 43–47) и 2024 г. (№ 50–53). Техническая обработка и подготовка проб выполнялась по стандартной щелочной (NaOH) и сепарационной методике с двукратным обогащением осадка в тяжелой калиево-кадмиевой жидкости [15]. Участие таксонов в спектрах оценивалось в группах пыльцы деревьев и кустарников, трав и кустарничков, а также спор. Всего в препаратах изучено от 317 до 2322 микрофоссилий, при этом количество подсчитанной пыльцы древесно-кустарниковой группы колебалось в среднем от 364 до 568 зерен (за исключением слабо насыщенных проб аллювия № 30, 32 и 48, в которых оно составило 197–233 зерна). Столь большое число подсчитанных зерен вызвано высоким содержанием в спектрах сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* секции *Diploxylon*), играющей незначительную роль в растительности территории [16]. Поэтому она исключена из подсчета участия остальных таксонов древесно-кустарниковой группы и оценена по отношению ко всей пыльце древесных пород. Всего в субфоссильных СПС обнаружены пыльца и споры, принадлежащие 114 таксонам растений.

### Краткая характеристика природных условий

Юго-западная окраина Приморья, в административных границах принадлежащая Хасанскому району, занимает наиболее южное положение на Дальнем Востоке России. Территория, примыкающая к границам Китая и Кореи Народной Республики, расположена между долинами р. Туманная (Туманган) на западе и впадающей в бух. Экспедиции р. Гладкая на востоке (рис. 1). Ее протяженность составляет около 60 км с севера на юг и 40 км с запада на восток. В рельефе территории отчетливо выделяются два геоморфологических района: северный и южный. Северный,

**Список образцов современных отложений юго-западной окраины Приморья,  
изученных спорово-пыльцевым анализом**

Table 1. List of modern sediment samples for pollen analysis in the southwestern margin of Primorye, Russian Far East

№ п/п	Образец, координаты	Геоботани- ческий район	Абсолютная высота точки отбора, м	№ п/п	Образец, координаты	Геоботани- ческий район	Абсолютная высота точки отбора, м
1	Тальми-север, 42°32'37" с. ш., 130°42'56" в. д.	Прибрежно- морская лесостепь	0,5	28	Голубиный луг, 42°25'06" с. ш., 130°43'36" в. д.	Прибрежно- морская лесостепь	4,0
2	Тальми-соль, 42°30'34" с. ш., 130°45'10" в. д.	То же	0,5	29	Туманган, 42°19'28" с. ш., 130°39'25" в. д.	То же	1,0
3	Тальми-юг, 42°30'14" с. ш., 130°45'58" в. д.	То же	0,5	30	Карасик, 42°33'11" с. ш., 130°38'58" в. д.	То же	6,0
4	Тальми-Южный залив, 42°28'32" с. ш., 130°45'44" в. д.	То же	0,5	31	Гладкая-Зайсановка, 42°42'22" с. ш., 130°50'28" в. д.	Редколесья дуба	1,0
5	Тальми-протока, 42°28'12" с. ш., 130°46'26" в. д.	То же	0,5	32	Гладкая-устье, 42°42'04" с. ш., 130°50'11" в. д.	То же	–0,5
6	Вторая протока, 42°22'31" с. ш., 130°45'07" в. д.	То же	1,0	33	Цукановка, 42°42'53" с. ш., 130°46'05" в. д.	То же	7,0
7	Родниковое, 42°30'03" с. ш., 130°48'10" в. д.	То же	1,0	34	Тесная, 42°40'42" с. ш., 130°40'55" в. д.	То же	0,0
8	Лотос-1, 42°27'21" с. ш., 130°38'25" в. д.	То же	2,0	35	Камышовая, 42°40'51" с. ш., 130°40'35" в. д.	То же	1,0
9	Лотос-5, 42°27'02" с. ш., 130°38'59" в. д.	То же	2,0	36	Осушка-1, 42°40'44" с. ш., 130°41'01" в. д.	То же	–0,5
10	Дорицини, 42°26'42" с. ш., 130°39'25" в. д.	То же	2,0	37	Осушка-3, 42°40'52" с. ш., 130°41'09" в. д.	То же	–0,5
11	Хасан-водокачка, 42°26'23" с. ш., 130°37'15" в. д.	То же	4,0	38	Осушка-4, 42°41'03" с. ш., 130°41'22" в. д.	То же	–0,5
12	Хасан-Заозерная, 42°27'04" с. ш., 130°36'26" в. д.	То же	4,0	39	Осушка-5, 42°41'19" с. ш., 130°42'05" в. д.	То же	–0,5
13	Хасан-север, 42°27'40" с. ш., 130°36'07" в. д.	То же	4,0	40	Экспедиция, 42°41'35" с. ш., 130°49'35" в. д.	То же	–3,0
14	Заречное, 42°31'59" с. ш., 130°38'59" в. д.	То же	2,0	41	Посыетский рейд, 42°38'22" с. ш., 130°47'39" в. д.	То же	–12,0
15	Сак-Пау, 42°31'32" с. ш., 130°39'05" в. д.	То же	2,0	42	Хасан-станция, 42°25'45" с. ш., 130°38'41" в. д.	Прибрежно- морская лесостепь	14,0
16	Туманная, 42°18'33" с. ш., 130°40'46" в. д.	То же	1,0	43	Солёное-протока, 42°42'00" с. ш., 130°42'38" в. д.	Редколесья дуба	1,0
17	Приметный холм, 42°22'08" с. ш., 130°45'00" в. д.	То же	4,0	44	Шахты, 42°42'55" с. ш., 130°43'27" в. д.	То же	19,0
18	Фанзы, 42°22'11" с. ш., 130°41'32" в. д.	То же	6,0	45	Янчихе, 42°42'31" с. ш., 130°44'03" в. д.	То же	22,0
19	Красное Село, 42°21'16" с. ш., 130°40'51" в. д.	То же	6,0	46	Солёное-Сухой луг, 42°42'44" с. ш., 130°43'23" в. д.	То же	12,0
20	Тугареми, 42°21'15" с. ш., 130°40'53" в. д.	То же	6,0	47	Солёное-Сырой луг, 42°42'40" с. ш., 130°43'24" в. д.	То же	5,0
21	Мискантус, 42°20'48" с. ш., 130°41'53" в. д.	То же	7,0	48	Тюмень-Ула, 42°24'51" с. ш., 130°38'41" в. д.	Прибрежно- морская лесостепь	1,0
22	Голубиный Утёс-1, 42°25'35" с. ш., 130°44'36" в. д.	То же	20,0	49	Лотос-Типцево, 42°26'36" с. ш., 130°38'55" в. д.	То же	1,0
23	Голубиный Утёс-2, 42°25'37" с. ш., 130°44'35" в. д.	То же	11,0	50	Тальми-южный_2, 42°29'04" с. ш., 130°45'44" в. д.	То же	0,0
24	Эдельвейс, 42°25'35" с. ш., 130°44'12" в. д.	То же	6,0	51	Сюдари, 42°26'42" с. ш., 130°45'48" в. д.	То же	0,0
25	Вудунупты протока, 42°25'42" с. ш., 130°43'44" в. д.	То же	0,5	52	Островок, 42°27'07" с. ш., 130°46'48" в. д.	То же	0,0
26	Вудунупты луг, 42°25'42" с. ш., 130°43'45" в. д.	То же	3,0	53	Сивучья, 42°28'38" с. ш., 130°48'37" в. д.	То же	0,5
27	Голубиный протока, 42°25'07" с. ш., 130°43'36" в. д.	То же	1,5				

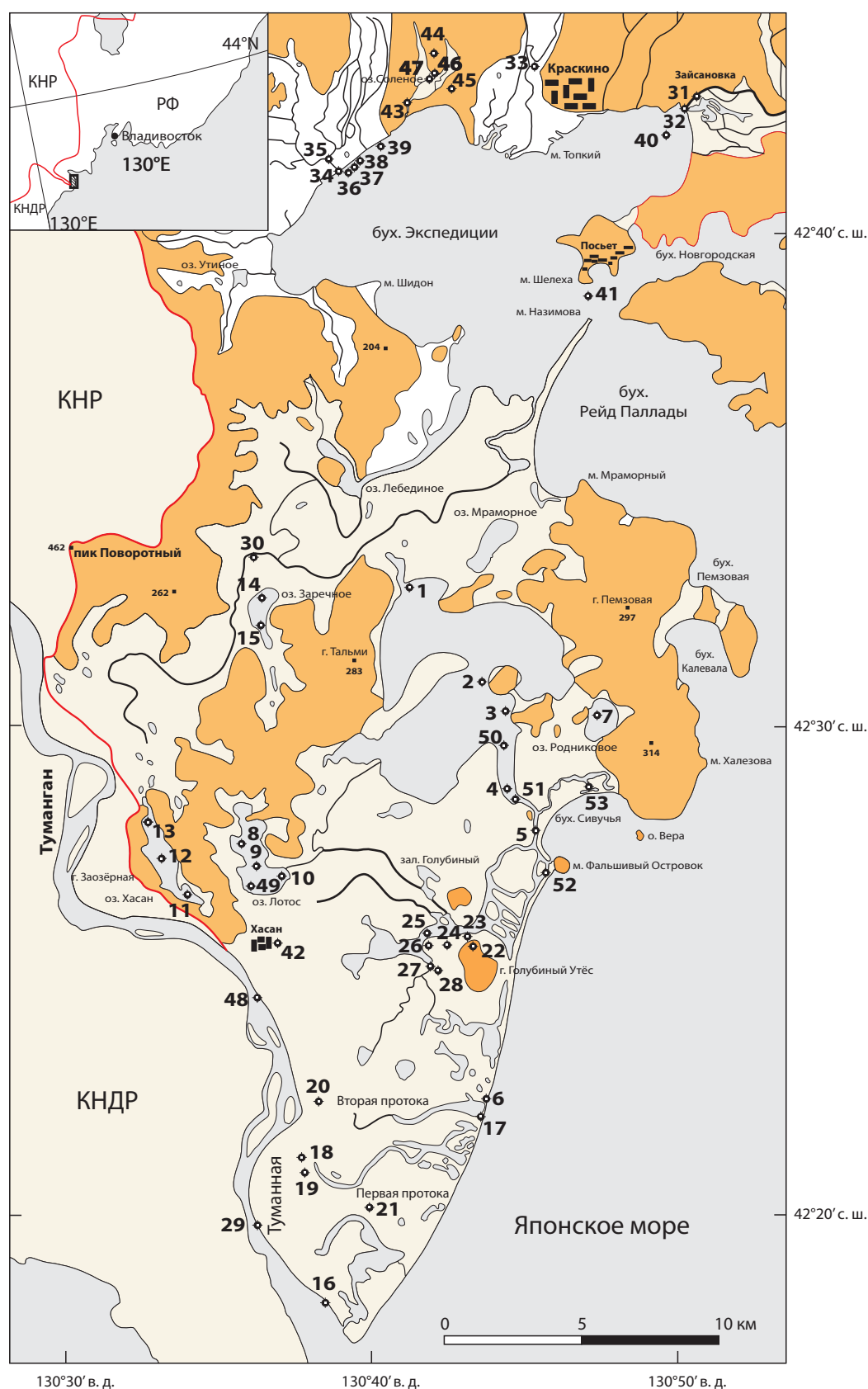
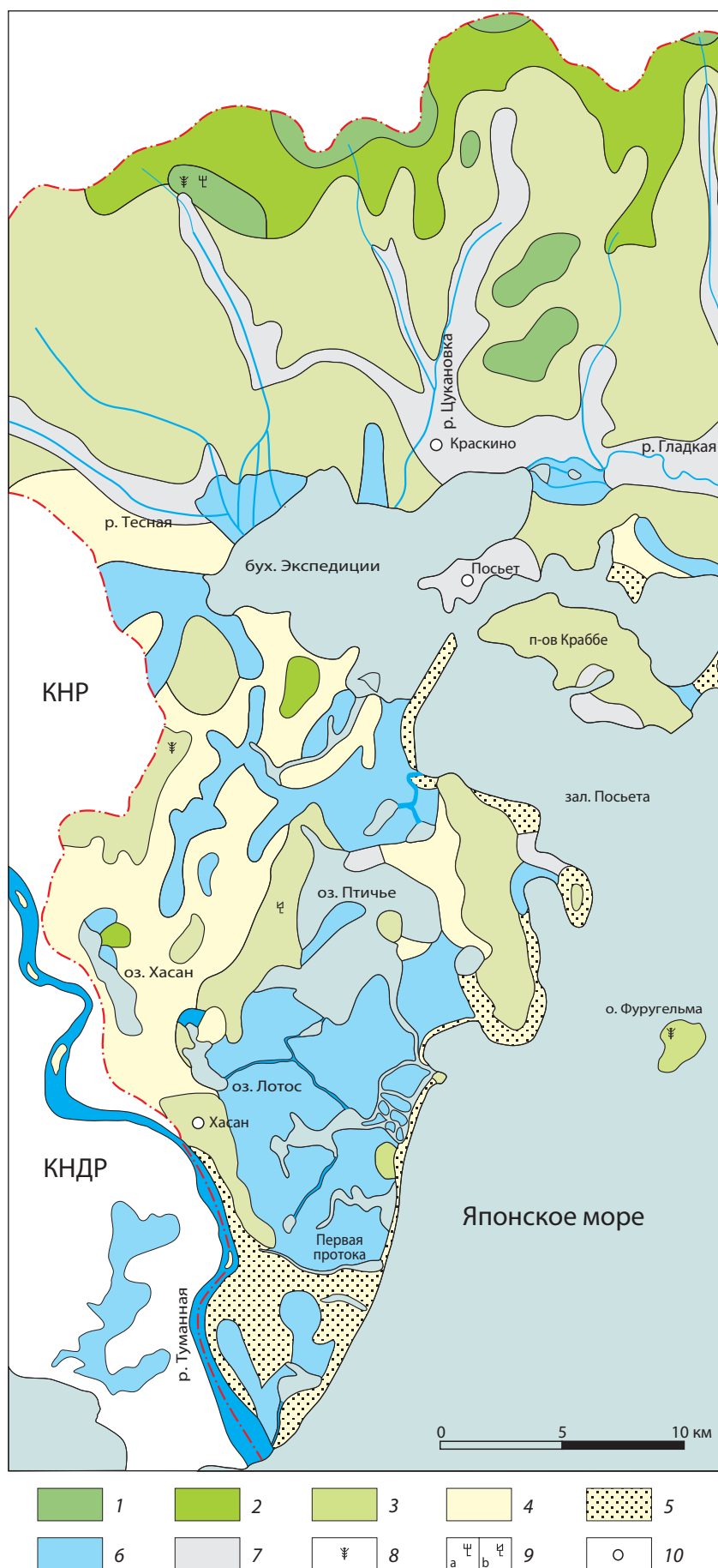


Рис. 1. Расположение станций отбора образцов современных отложений юго-западной окраины Приморья, изученных спорово-пыльцевым анализом

1 — холмы и низкие горы; 2 — равнины; 3 — точки отбора образцов; 4 — населенные пункты

Fig. 1. Location of modern sediment sampling stations used for pollen analysis in the southwestern margin of Primorye, Russian Far East

1 — hills and low mountains; 2 — plains; 3 — sampling points; 4 — settlements



**Рис. 2. Геоботаническая карта юго-западной окраины Приморья**

Растительность: 1 — сомкнутые леса из дуба монгольского (*Quercus mongolica*); 2 — редколесья дуба монгольского и порослевые заросли; 3 — редколесья дуба зубчатого (*Quercus dentata*) с участием дуба монгольского и порослево-кустарниковые степенные дубово-лещинно-леспедецевые заросли с мискантусом краснеющим (*Miscanthus sinensis f. purpurascens*); 4 — степенные разнотравно-злаковые луга с мискантусом краснеющим; 5 — комплекс зарослей шиповника ребристого с степенными разнотравно-злаковыми лугами по приморским береговым валам; 6 — веииковые, осоково-веииковые, разнотравно-злаковые луга в комплексе с низинными осоковыми болотами и зарослями ив; 7 — освоенные земли на месте преобладавших в прошлом широколиственных лесов и их редколесий; обнаруженные места произрастания древесных пород: 8 — сосна густоцветковая (*Pinus densiflora*), 9a — береза железная (*Betula schmidtii*), 9b — ильм (*Ulmus pumila*); 10 — населенные пункты

Источник: по [18]

**Fig. 2. Geobotanical map of the south-western margin of Primorye, Russian Far East**

Vegetation: 1 — closed forests of Mongolian oak (*Quercus mongolica*); 2 — open woodlands of Mongolian oak and coppices; 3 — open woodlands of dentate oak (*Quercus dentata*), with Mongolian oak and steppe coppice-shrub oak-hazel-lespedeza thickets with red miscanthus (*Miscanthus sinensis f. purpurascens*) included; 4 — steppe forb-grass meadows with red miscanthus; 5 — complex of ribbed rose thickets with steppe forb-grass meadows along coastal ridges; 6 — reed grass, sedge-reed grass, forb-grass meadows, with lowland sedge bogs and willow thickets combined; 7 — developed lands where broad-leaved forests and their open woodlands used to dominate; discovered habitats of tree species: 8 — Japanese red pine (*Pinus densiflora*), 9a — iron birch (*Betula schmidtii*), 9b — elm (*Ulmus pumila*); 10 — settlements

Source: from [18]



Рис. 3. Остепненный разнотравно-злаковый луг с шиповником и леспедецей (слева) и низинное тростниковое болото (справа) на берегах Первой Протоки в южной части прибрежно-морской лесостепи

Fig. 3. Steppe-like forb-grass meadow with roses and lespedeza (left) and lowland reed bog (right) on the banks of the First Channel in the southern part of the coastal-marine forest steppe

преимущественно горный район, лежит к северу от бух. Экспедиции. Он представлен южными склонами Чёрных гор, поднимающимися до 500–900 м в водораздельной части и снижающимися до 40–20 м в зоне выположенного подножия. Южнее бухты, на левобережье нижнего течения р. Туманная, получила развитие низкая аккумулятивная равнина с разбросанными по ней островными холмами и низкими горами высотой от нескольких десятков до 300 м. Равнина, сложенная речными палеонамитами, чаще всего лежит на высоте не более 3 м над уровнем моря [10]. Ее поверхность осложнена серией заросших песчаных дюн высотой 4–6 м, реже 8–12 м, сформировавшихся на древних прирусловых валах. Большие площади на аккумулятивной равнине занимают котловины мелких (глубиной не более 2–3 м) пресных озер и солончатоводных лагунно-озерных водоемов, поддерживающих эпизодическую, реже постоянную связь с Японским морем.

Климатические условия определяются муссонной циркуляцией атмосферы умеренных широт. Среднегодовые температуры воздуха достигают здесь максимальных для Приморья значений — +5,2...+5,7 °С. Среднемесячная температура самого теплого месяца (августа) составляет около +21 °С, а самого холодного (января) опускается до –11...–12 °С. Продолжительность вегетационного периода достигает 200 дней. За год выпадает в среднем 670–830 мм осадков, из которых 80–90 % приходится на теплый период (с апреля по октябрь) [17].

Лесная растительность занимает 65 % площади юго-западной окраины Приморья [16]. Распределение типов растительного покрова по территории практически совпадает с геоморфологическими районами. В северном районе распространены

лесные сообщества, в южном — лесостепные, геоботаническая граница между которыми протекает по долине нижнего течения р. Тесная (рис. 2). Наибольшие площади в северном районе занимают невысокие (5–6 м) редколесья дуба зубчатого (*Quercus dentata*) с участием дуба монгольского (*Quercus mongolica*), и порослево-кустарниковыми остепненными дубово-лещинными зарослями [18]. Развитие кустарниковых зарослей связано с частыми пожарами, нередко возникающими из-за антропогенной деятельности [16]. Из других древесных пород, по нашим наблюдениям, в дубовых редколесьях изредка встречается береза даурская (*Betula dahurica*), что сближает их с фитоценозами западной части Приханкайской равнины [19]. Из кустарников обычны леспедеца и лещина. В травянистом покрове доминируют злаки: арундинелла и мискантус краснеющий (*Miscanthus sinensis* f. *purpurascens*). Гребни и приводораздельные части склонов Чёрных гор на высотах 500–900 м покрыты сомкнутыми лесами из дуба монгольского и многопородными широколиственными ассоциациями, возникшими на месте хвойно-широколиственной формации. В состав многопородных, или кленово-липовых [16] лесов входят клен, липа, дуб монгольский, сирень, диервилла, рододендрон, лещина, а также березы даурская и железная. Хвойные породы (ель, пихта, кедр) встречаются в этих лесах на высотах 850–900 м только в подросте [16]. Сохранившиеся в естественном состоянии хвойно-широколиственные леса с грабом (*Carpinus cordata*), кедром (сосной) корейским (*Pinus koraiensis*) и пихтой цельнолистной (*Abies holophylla*) растут за пределами юго-западной окраины, в примыкающей с северо-востока части Чёрных гор [18].

Сосняки из сосны густоцветковой (*Pinus densiflora*), образующие в ряде мест небольшие рощицы среди дубняков, редко встречаются на скалистых склонах гор и обрывистых берегах морских заливов [16; 18].

Территория прибрежно-морской лесостепи, занимающая около 350 км<sup>2</sup> (без акваторий озер и лагун) юго-западной окраины, почти на 80 % покрыта травянистой растительностью (рис. 2). Наибольшим распространением пользуются остепненные разнотравно-злаковые луга с мискантусом краснеющим и вейниковые, осоково-вейниковые, разнотравно-злаковые луга в комплексе с низинными осоковыми и тростниковыми (по нашим наблюдениям) болотами [18]. Комплекс редких зарослей шиповника и низкорослой леспедецы (по нашим наблюдениям) с остепненными разнотравно-злаковыми лугами по приморским береговым валам имеет подчиненное значение (рис. 3). Леса покрывают не более 20 % территории лесостепи, располагаясь на островных возвышенностях. Они представлены редколесьями дуба зубчатого с участием дуба монгольского (рис. 2). На низкой аккумулятивной равнине изредка по берегам палеорусел р. Туманная встречаются редкие заросли ивы [18].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Субфоссильные СПС почвенных отложений изучены в 15 образцах (рис. 4). В общем составе спектров наблюдается почти равная роль пыльцы древесных и травянистых растений, составляющая (здесь и далее) в среднем 48–49 %. Доля спор незначительна (3 %). В составе пыльцы древесно-кустарниковой группы велико участие сосны густоцветковой (38 %); значение других хвойных пород существенно меньше: кедра (сосны) корейского — 11 %, пихты и ели — по 3 %. Пыльца лиственницы встречена в очень малом количестве (<1 %). Содержание пыльцы широколиственных и мелколиственных пород близко друг к другу и составляет 44 и 37 % соответственно. Среди первых резко преобладает дуб (35 %); из других чаще отмечаются орех (*Juglans*) (4 %), ильм (2 %), лещина (1,5 %) и граб (1,2 %). Присутствуют липа (0,3 %), ясень, калина и представители семейства аралиевых. Вторые образованы пыльцой берез (34 %), изредка — ив и ольхи (1–2 %). Очень редко встречается пыльца ольховника (*Alnus taximowiczii*) и кустарниковой березы (<0,1 %). Последняя принадлежит *Betula ovalifolia* (секция *Fruticosa*), отмеченной в ряде мест южного Приморья, в том числе и в Хасанском районе края [20]. Пыльца травянистых растений представлена большим количеством полыни (44 %), меньшим содержанием разнотравья (21 %), осоковых (17 %), злаковых (15 %), розоцветных (2,5 %) и водных таксонов (0,4 %). Пыльца разнотравья чаще образована астровыми (*Asteraceae*) — 4 %, сельдерейными (*Apiaceae*), маревыми (*Chenopodiaceae*), бобовыми (*Fabaceae*) и василистником (*Thalictrum*) — по 2–3 % каждая. Реже встречаются гвоздичные (*Caryophyllaceae*), лютиковые (*Ranunculaceae*) и кровохлёбка

(*Sanguisorba*) — 1,1–1,4 %. Изредка отмечается амброзия (*Ambrosia*) — 0,7 %. Очень редко (единичные зерна — <0,1 %) фиксируется пыльца хвойника (*Ephedra*) и вересковых (*Ericales*), принадлежащая, скорее всего, рододендронам, а также культурных злаков (*Cerealina*). Содержание спор в большинстве проб крайне мало (6–16 зерен), не позволяющее оценить их действительное участие в напочвенном покрове. Лишь в двух образцах (№ 22 и 23), где обнаружено 74–120 спор, установлено преобладание папоротников *Polypodiaceae* (16–87 %) и *Osmundastrum* (12–84 %).

Субфоссильные СПС речных отложений, представленные русловым аллювием, изучены в 10 образцах (рис. 4). Общий состав спектров указывает на преобладающую роль пыльцы деревьев и кустарников (51 %) над таковой травянистых растений (38 %) и повышенное, среди всех СПС, участие спор (11 %). Среди пыльцы древесных пород высоким содержанием отличается сосна густоцветковая (27 %), в меньшей степени другие хвойные: кедр (22 %), пихта, ель (по 3 %) и лиственница (<0,1 %). Пыльца мелколиственных деревьев представлена березами (25 %), ольхой (10 %) и ивами (1,8 %). Пыльцу широколиственных пород, имеющую в целом меньшее значение (33 %), образуют дубы (21 %), ильм (3,4 %), орех (2,8 %), лещина (2,4 %), липа (1,1 %), граб (1 %), ясень, клен, сирень, калина (по 0,2 %), бархат (*Phellodendron*) и аралия (<0,1 %). Среди пыльцы трав наблюдается картина, близкая к почвенным пробам: преобладает полынь (39 %), реже встречаются осоковые (21 %), разнотравье (20 %), злаковые (14 %), водные (3,5 %) и розоцветные (1,2 %). Состав разнотравья почти соответствует предыдущим отложениям, кроме меньшей роли у бобовых (0,6 %), зонтичных (1,3 %), гвоздичных (0,3 %) и большей — у кровохлёбки (3,2 %). Чаще, чем в отложениях другого генезиса, отмечается пыльца хвойника — 0,4 %. Среди спор, имеющих в этих пробах наибольшее значение, преобладают папоротники *Polypodiaceae* (79 %), реже *Osmundastrum* (6 %), *Hymenophyllum* (4 %), и очень редко — *Ophioglossaceae* (0,1 %). Остальные таксоны немногочисленны: *Sphagnum* (2 %), *Bryales* (0,3 %), *Lycopodium* (2,5 %), *Selaginella* (2 %) и *Equisetum* (0,1 %).

Субфоссильные СПС отложений пресноводных озер изучены в 10 образцах (рис. 4). В общем составе спектров отмечается максимальное участие пыльцы древесных пород (71 %) и наименьшее — травянистых растений (25 %). На споры приходится не более 3 %. В группе пыльцы древесных пород по-прежнему преобладает сосна густоцветковая (38 %), реже отмечаются другие хвойные: кедр (22 %), ель (6 %), пихта (4 %) и в незначительном количестве — лиственница (<0,1 %). Равные позиции (по 33 %) у пыльцы мелколиственных и широколиственных деревьев. Первые почти полностью представлены березами, намного реже — ольхой (4 %), в незначительной степени — ивами (0,2 %) и ольховником (0,1 %). Вторые образованы пыльцой дубов (24 %), ильма (3 %), ореха (3 %), лещины (2 %), липы (0,8 %), граба (0,3 %). Ясень, клен и бархат присутствуют в незначительном количестве (<0,1 %). Среди пыльцы трав фиксируется максимальное участие полыни

Таблица 2

**Состав субфосильных спорово-пыльцевых спектров прибрежно-морской лесостепи  
и дубовых редколесий в отложениях различного генезиса, %**

Table 2. Composition of subfossil pollen assemblages of coastal-marine forest steppe and oak open woodlands in sediments of various genesis, %

Тип растительности	Прибрежно-морская лесостепь				Дубовые редколесья		
Генезис отложений	почвенный	озерный	лагуно-озерный	речной	почвенный	морской	речной
Содержание пыльцы и спор в общем составе спектров, крайние/средние значения							
Пыльца деревьев и кустарников	33–65/48	58–83/71	48–91/68	31–52/43	36–69/54	51–87/63	45–67/56
Пыльца трав и кустарничков	34–66/49	15–39/26	5–50/30	30–53/42	29–58/44	7–47/30	21–49/36
Споры	0–13/3	1–5/3	0–13/2	9–20/15	1–3/2	2–19/7	2–18/8
Содержание пыльцы деревьев и кустарников, крайние/средние значения							
<i>Cryptomeria</i>	–	–	0–0,3/< 0,1	–	–	0–0,2/< 0,1	–
<i>Larix</i>	0–3/0,8	0–0,1/< 0,1	0–0,5/< 0,1	0–0,5/0,1	0–1/0,3	0–0,3/< 0,1	0–0,2/< 0,1
<i>Abies</i>	0–10/3	0–7/4	0–15/2,6	2–5/2,9	0,5–1/0,6	0,2–8/3	0,2–9/2,6
<i>Picea</i>	2–6/3	1–9/6	0–15/4	0,8–6/3	0,8–3/1,5	0–9/3	0–8/3
<i>Pinus koraiensis</i>	5–26/13	9–32/22	5–49/14	20–44/30	2–4/4	3–41/14	6–36/16
<i>Pinus densiflora</i>	37–68/48	14–55/38	7–46/23	1–44/22	9–37/20	16–72/32	18–43/30
<i>Betula</i>	33–48/38	21–44/29	12–42/32	17–42/29	8–42/22	9–32/22	8–35/23
<i>Betula sect. Fruticosae</i>	0–0,4/< 0,1	0–2/0,5	0–2/0,3	0–2/0,9	0–0,6/0,1	0–0,2/< 0,1	–
<i>Alnus</i>	1–3/2,0	1–8/4	0,7–5/2,3	3–12/7	0,6–5/2,5	4–31/10	2–22/11
<i>Alnaster</i>	0–1/0,3	0–0,6/0,1	0–1,8/0,4	0–0,7/0,2	0–1/0,5	0–1/0,5	0–1/0,2
<i>Salix</i>	0–3/1,0	0–1/0,2	0–1,8/0,5	0–3/1,5	0,3–1/0,9	0–2/1,0	0–6/1,9
<i>Lonicera</i>	–	–	–	–	–	0–0,2/< 0,1	–
<i>Myrica</i>	0–1,3/0,1	–	–	–	–	–	–
<i>Corylus</i>	0,4–4/1,5	0–4/2,0	0–6/2,2	2–8/3	1–2/1,4	0,7–3/1,6	0–4/1,8
<i>Quercus</i>	19–39/35	12–36/24	15–46/33	7–21/11	33–77/57	15–49/35	10–41/27
<i>Juglans</i>	1–5/4	0–4/3	1–6/3	0–2/0,9	1,1–6/3	1–8/5	1–9/4
<i>Ulmus</i>	0,4–5/2,4	0–6/3	1–13/4	3–7/4	1,3–2/1,5	0–3/2,1	1–4/2,7
<i>Carpinus</i>	0–4/1,3	0–1/0,3	0–5/1,5	1–2/1,3	0,4–2/1,0	0–3/1,7	0–2/0,8
<i>Tilia</i>	0–0,6/0,2	0–4/0,8	0–1/0,3	0,8–3/1,8	0–1/0,5	0,5–1/0,8	0,2–1/0,8
<i>Fraxinus</i>	0–1,4/0,2	0–0,5/< 0,1	0–2/0,8	0–0,5/0,1	0–0,6/0,1	0–0,9/0,2	0–0,9/0,2
<i>Acer</i>	0–0,4/< 0,1	0–0,3/< 0,1	0–0,4/< 0,1	0–1/0,4	–	–	–
<i>Syringa</i>	–	–	0–0,4/< 0,1	0–0,8/0,4	–	0–0,2/< 0,1	0–0,6/0,1
<i>Phellodendron</i>	–	0–0,7/0,1	–	–	–	0–0,5/0,2	0–0,2/< 0,1
<i>Aralia</i>	–	–	–	–	0–1/0,1	–	–
<i>Araliaceae</i>	0–0,3/< 0,1	0–0,1/< 0,1	–	0–0,5/0,1	0–0,5/0,1	–	0–1/0,2
<i>Viburnum</i>	0–0,3/< 0,1	–	0–0,4/< 0,1	–	–	0–0,2/0,1	0–0,5/0,1
<i>Weigela</i>	–	–	–	–	–	0–0,2/< 0,1	0–0,4/< 0,1
<i>Fagus</i>	0–0,4/< 0,1	–	–	–	–	–	–
<i>Ilex</i>	0–0,4/< 0,1	–	–	–	–	–	–
Сумма широколиственных пород	26–48/37	20–45/33	22–58/45	18–35/24	45–82/64	21–60/47	15–55/38

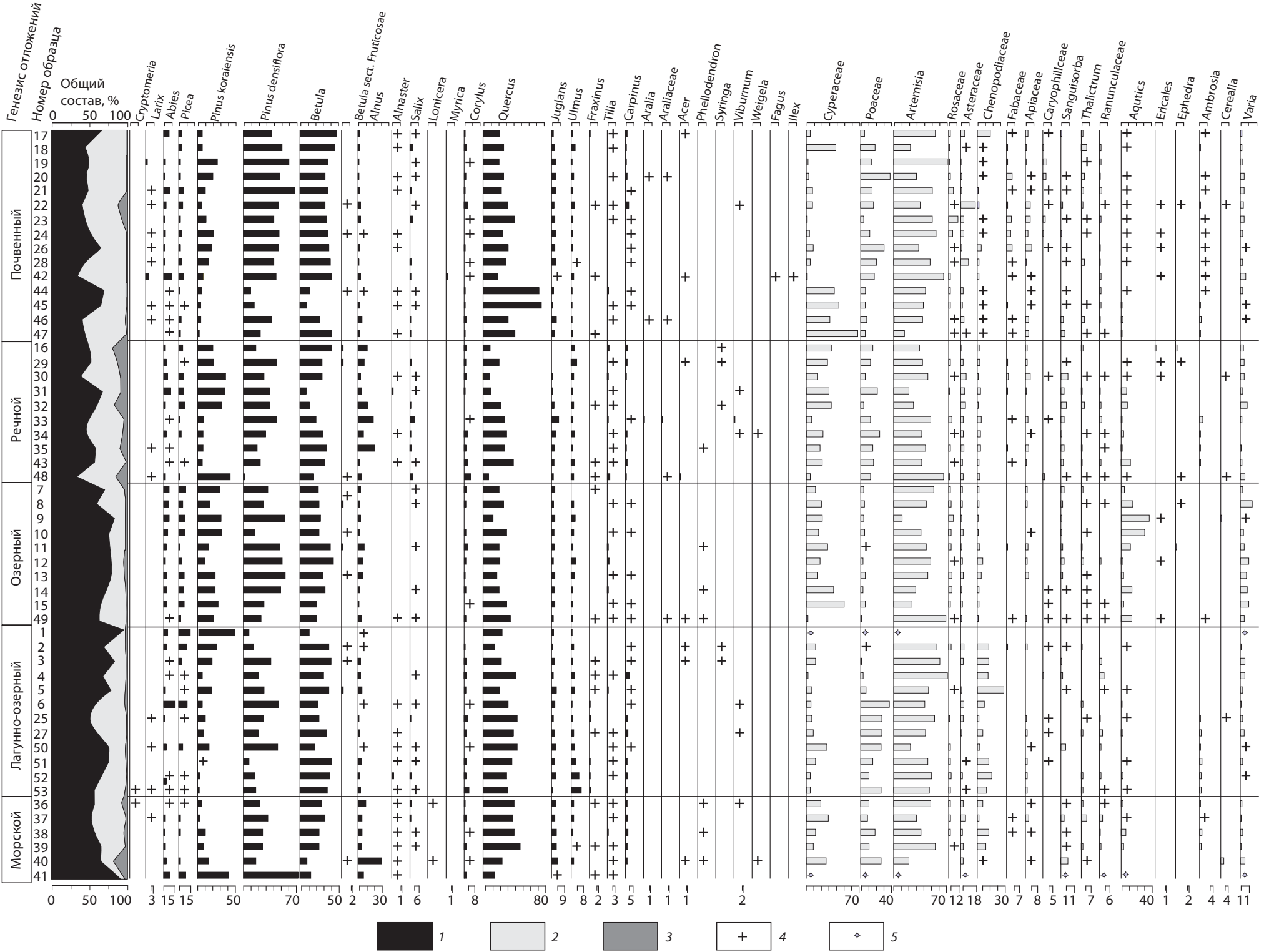
Тип растительности	Прибрежно-морская лесостепь				Дубовые редколесья		
Генезис отложений	почвенный	озерный	лагунно-озерный	речной	почвенный	морской	речной
Содержание пыльцы травянистых растений, крайние/средние значения							
Cyperaceae	1–39/8	3–49/22	2–27/9	5–33/20	31–65/44	9–29/19	7–33/22
Poaceae	4–39/18	1–6/4	0,6–37/17	6–16/12	6–8/7	9–27/16	4–25/16
<i>Artemisia</i>	22–71/48	21–69/41	40–71/48	34–66/46	14–42/33	20–55/38	20–49/35
Rosaceae	0,4–12/3	0–6/3	0–3/1,2	0–2/1,0	0,4–2/1,2	0–2/1,3	0–4/1,4
Asteraceae	0–19/4	1–3/2,1	0–4/1,8	1–7/3	0,8–4/2,5	1,6–6/3	0–6/4
Chenopodiaceae	0,5–17/3	1–7/2,6	2–35/13	1–3/2,8	0,6–0,7/0,6	0,8–15/7	1–5/3
Fabaceae	0–7/2,8	0–1,4/0,1	0–1/0,1	0–2/0,7	0–1/0,5	0–0,2/<0,1	0–1/0,5
Apiaceae	0,2–8/2,8	0–4/1,6	0–2/1,0	0–6/2,6	0,6–4/2,3	0–4/1,2	0–4/1,5
Caryophyllaceae	0–5/1,6	0–0,5/0,1	0–1/0,3	0–2/0,6	–	–	0–0,3/<0,1
<i>Sanguisorba</i>	0–1,6/0,6	0–4/1,8	0–6/1,0	0–9/2,4	0,6–5/2,4	0,8–9/3	1–7/4
<i>Thalictrum</i>	0–7/2,2	0–3/0,9	0–2,5/0,9	0,6–2/1,3	0–4/1,3	0–7/2,0	0–4/1,2
Ranunculaceae	0–3/1,3	0–2/0,4	0–6/1,7	0–0,6/0,2	0,8–2/1,5	0–4/1,5	0,7–3/1,7
<i>Ephedra</i>	0–0,2/<0,1	0–1,4/0,1	–	0–2/0,9	–	–	–
<i>Ericales</i>	0–0,4/<0,1	0–1/0,2	0–0,3/<0,1	0–1,2/0,5	–	0–1/0,3	–
<i>Ambrosia</i>	0–1/0,4	0–0,2/<0,1	0–3/1,0	–	0,7–2/1,2	0–3/1,5	0–4/1,2
<i>Cerealialia</i>	0–0,7/<0,1	0–1,2/0,1	0–0,3/<0,1	0–0,3/<0,1	–	0–4/0,8	–
Aquatics	0–0,7/0,3	2–36/14	0–10/1,6	0–1/0,5	0–1/0,6	0–6/2,2	0,8–12/5
Varia	0–7/4	0,1–11/6	0–6/2,6	4–6/5	0–3/1,2	1–6/2,7	0,5–9/3

(41%), меньшая роль у осоковых (22%), разнотравья (16%), водных растений (14%), злаковых (4%) и розоцветных (3%). Пыльца водных растений в спектрах озерных осадков наиболее разнообразна: ежеголовник (*Sparganium*) — 6%, водяной орех (*Trapa*) — 3,5%, уруть (*Myriophyllum*) — 2,2%, вахта (*Menyanthes*) — 0,6%, рдест (*Potamogeton*) — 0,5%, рогоз (*Typha*) и лотос (*Nelumbo*) — 0,2%, кубышка (*Nuphar*), кувшинка (*Nymphaea*) и частуховые (*Alismataceae*) — <0,1%. Состав разнотравья в целом почти повторяет таковой у аллювиальных отложений. Споры, представленные *Polypodiaceae*, *Osmundastrum*, *Hymenophyllum*, *Salvinia*, *Lycopodium* и *Selaginella*, присутствуют в малом количестве (1–15 шт., реже до 22–33 шт.), не позволяющем оценить их процентное участие в спектрах.

Субфоссильные СПС лагунно-озерных отложений изучены в 12 образцах (рис. 4). В общем составе спектров отмечается высокое, второе место после спектров озерных осадков, содержание пыльцы древесных пород (68%), меньшее — трав (30%) и незначительное — спор (2%). Среди пыльцы деревьев и кустарников наименьшее, по сравнению со спектрами другого генезиса, значение у пыльцы сосны густоцветковой (23%), а также других хвойных пород: кедра — 14%, ели — 4% и пихты — 2,6%.

Пыльца широколиственных деревьев содержится больше, чем мелколиственных пород, соответственно 45 и 35%. Среди первых отмечается аналогичное другим отложениям участие пыльцы основных компонентов многопородных широколиственных лесов с преобладанием дуба (33%), меньшей ролью ильма (4,5%), ореха (3,3%), лещины (2,2%), граба (1,5%), ясеня (0,8%), липы (0,3%) и калины (0,4%). Мелколиственные по-прежнему представлены пыльцой берез (32%), включая кустарниковую (*Betula* sect. *Fruticosae*), ольхи (2,3%) и ивы (0,5%). Среди пыльцы травянистых растений фиксируется наибольшее участие полыни (48%), далее следуют разнотравье (22%), злаковые (17%), осоковые (9%), водные (1,6%) и розоцветные (1,2%). В составе разнотравья, в отличие от спектров другого генезиса, отмечается максимальная роль маревых (*Chenopodiaceae*) — 13%.

Субфоссильные СПС морских отложений изучены в 6 образцах (рис. 4). В общем составе спектров наблюдается близкое к лагунно-озерным осадкам соотношение обеих групп пыльцы и спор, соответственно, 63, 30 и 7%. Среди пыльцы древесных пород по-прежнему обилие сосны (32%) и, как в лагунно-озерных осадках, то же содержание кедра (14%) и темнохвойных: ели и пихты (по 3%). Участие



**Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма современных отложений юго-западной окраины Приморья**  
1 — пыльца древесных пород; 2 — пыльца трав; 3 — споры; 4 — содержание пыльцы менее 1%; 5 — содержание пыльцы не подсчитано из-за малого содержания

**Fig. 4. Pollen diagram of modern sediments in the southwestern margin of Primorye, Russian Far East**  
1 — tree species pollen; 2 — grass pollen; 3 — spores; 4 — pollen content under 1%; 5 — low pollen content, not calculated

пыльцы широколиственных пород достигает максимальных значений (47 %). Среди нее так же преобладают дубы (35 %), реже фиксируются орех (4 %), ильм (2,1 %), лещина (1,6 %), липа (0,8 %), ясень (0,2 %), бархат (0,2 %) и калина (0,1 %). В составе пыльцы травянистых растений первое место принадлежит полыни (38 %), в меньшей степени участвуют разнотравье (24 %), осоковые (19 %), злаковые (16 %), водные (2,2 %) и розоцветные (1,3 %). В составе разнотравья, в отличие от спектров другого генезиса, отмечается повышенная роль пыльцы маревых (7 %) и более частое присутствие сорной амброзии (1,5 %).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Большая часть пыльцы древесных пород (сосны густоцветковой, дубов и других широколиственных деревьев, берез), обнаруженной в субфоссильных СПС юго-западной окраины Приморья, относится к категории ближнего заноса, поскольку приносится ветром с расстояний, не превышающих 10–15 км, и чаще — с первых километров. Пыльцу других хвойных деревьев (кедра, ели, пихты, лиственницы), не произрастающих в данном районе, можно отнести к среднезаносной, так как в область распространения дубовых редколесий она поступает с расстояния 25–45 км, в лесостепь — 45–70 км. Дальним ветровым заносом, с расстояния не менее 500 км, обеспечено поступление единичных зерен пыльцы бука и падуба в подстилку луговой почвы вблизи п. Хасан (ближайшее место произрастания бука находится на о. Уллындо в Японском море). Также дальним заносом (до 1000 км), но, возможно, уже в результате действия течений, обусловлено присутствие в морских и лагунных осадках пыльцы криптомерии (<0,1 %). Среди пыльцы травянистых растений к дальнезаносной (первые сотни километров), скорее всего, можно отнести только эфедру (до 1,4 %), обнаруженную в аллювии р. Туманная, а также в почвенных и озерных отложениях приморской равнины. Однако нельзя исключать ее локальное произрастание на береговых валах или заросших дюнах, что подтверждается новыми местонахождениями в Приморье на прибрежно-морских террасах [21; 22].

В области распространения прибрежно-морской лесостепи преобладание безлесных ландшафтов находит отражение лишь в общем составе спектров почвенных и речных отложений, в которых наблюдается почти равное значение пыльцы травянистых растений и древесных пород, составляющее в среднем соответственно 48–49 и 42–43 % (табл. 2). Общий состав СПС озерных и лагунно-озерных осадков с преимуществом пыльцы древесных пород (68–71 %), напротив, указывает на ведущую роль лесной растительности, что в целом соответствует действительной картине для юго-западной окраины [16]. Состав пыльцы древесных пород показывает почти полное несоответствие лесным фитоценозам, развитым на возвышенностях среди аккумулятивной равнины. В спектрах всех отложений преобладает пыльца редко встречающейся сосны

густоцветковой. Аналогичное, полностью неадекватное, отражение растительности создают и мало распространенные березы, обладающие высокой пыльцевой продуктивностью. Их пыльца занимает второе место в лесостепных СПС, достигая максимума в почвенных отложениях (почти 40 %). Лишь содержание пыльцы дубов близко к действительной роли этих деревьев в растительности. Наибольших значений (33–35 %) она достигает в спектрах почвенных и лагунно-озерных отложений. При этом нет четкой зависимости между количеством пыльцы и расстоянием до ее ближайших источников — дубовых лесов. Вблизи одного из них, на холме Голубиный Утёс, на расстоянии до 1,5 км содержание пыльцы дуба в луговых подстилках колеблется в пределах 26–39 % и в среднем составляет 32 %, а на расстоянии 9–10 км к юго-западу от него (равно как и от другого ближайшего места произрастания дубов у п. Хасан) — 21–33 %, в среднем — 26 %. Содержание пыльцы сосны корейской (кедра), занимающее последнее место в спектрах среди преобладающих древесных пород, испытывает резкие колебания даже в однотипных отложениях соседних станций (от 1–3 до 5 раз и более). Наименьший разброс значений (20–44 %) наблюдается в русловом аллювии рек. Вместе с пыльцой других хвойных (ели, пихты, лиственницы) она отражает растительность хвойно-широколиственных лесов, развитую не только за пределами лесостепи, но и в целом юго-западной окраины. Пыльца широколиственных пород (кроме дубов), разнообразие которой насчитывает не менее десятка родов, соответствует развитию многопородных широколиственных лесов, растущих на склонах Чёрных гор в 15–50 км от лесостепи. В меньшей степени она свидетельствует об их редком присутствии в редколесьях дуба на островных возвышенностях [18].

В области распространения лесостепной растительности состав пыльцы трав и кустарничков демонстрирует доминирование полыни (41–48 %) в спектрах всех типов отложений (табл. 2). Несмотря на то, что полынь (*Artemisia manshurica*, *A. umbrosa*) указывается как характерный компонент сухих лугов [16], ее участие в них намного меньше, чем у разнотравья и разнообразных злаков. Широкое развитие степенных группировок, образованных этими травами, отражено лишь вторыми–третьими местами их пыльцы в спектрах большинства типов отложений, кроме осадков озер. Разнотравье чаще всего представлено пыльцой менее десятка таксонов, встречаемость которых мало изменяется в зависимости от генезиса отложений (0,1–2 %). В почвенных пробах чаще остальных фиксируется пыльца астровых (4 %), бобовых и сельдерейных (2,8 %), а также василистника (2,2 %) и гвоздичных (1,6 %), в лагунно-озерных — лютиковых (1,7 %), в аллювиальных — кровохлёбки (2,4 %). Повышенной встречаемостью отличается пыльца маревых, достигающая максимальных значений (13 %) в пробах, отобранных вблизи берегов лагунно-озерных водоемов. Поскольку основная доля пыльцы маревых оседает в пределах 1 км от мест произрастания [23], можно предположить, что она принадлежит

*Atriplex litoralis*, характерной для морских побережий [24], в том числе и юго-западной окраины Приморья [25]. Спектры озерных отложений также имеют ярко выраженный локальный характер, со вторым (после полыни) местом пыльцы осоковых, третьим–четвертым — разнотравья и водных растений, отражающих растительность прибрежных осоковых болот и зарослей рогоза, лотоса и водного ореха в озерах.

В области распространения дубовых редколесий общий состав спектров всех типов отложений показывает преимущество пыльцы деревьев и кустарников (в среднем 57%) над пыльцой трав (37%), свидетельствующее о преобладании лесной растительности над незалесенными пространствами (табл. 2). Скорее всего, оно отвечает их действительному соотношению в редколесьях, учитывая разреженность, благоприятствующую развитию травяного покрова, и присутствие порослево-кустарниковых остепненных зарослей [18].

Состав пыльцы древесных пород в целом не соответствует растительному покрову, что видно по большому участию среди нее хвойных пород и берез, имеющих небольшое распространение (табл. 2). Это несоответствие меньше всего сказывается на составе спектров почвенных проб, намного точнее отражающих фитоценоз дубовых редколесий. Среди преобладающей в них пыльцы широколиственных деревьев лидируют дубы, составляющие в среднем около 60%. Максимальное количество (74–77%) их пыльцы зафиксировано в лесных подстилках под пологом редколесий. В 300–500 м от них, на лугу, оно снижается до 33–42%. Эти значения близки к ее содержанию в спектрах осадков бух. Экспедиции и большинства речных проб. Подчиненная роль принадлежит пыльце сосен: густоцветковой (9–37%) и корейской (2–5%). Среди пыльцы травянистых растений наблюдается доминирование полыни в спектрах речных и морских отложений, неадекватное ее роли в травостоях дубовых редколесий (табл. 2). В почвенных пробах она уступает первенство пыльце «ксерофитного» ряда семейства осоковых. Одной из них, отмеченной в дубняках юго-западной окраины, является *Carex siderosticta* [16]. Высокое представительство в спектрах пыльцы осоковых также значительно превышает ее действительное участие в травостоях среди дубовых редколесий, где доминирует разнотравье и злаки, в основном высокорослый мискантус. Их пыльца чаще всего занимает в спектрах только третьи–четвертые места. Среди многочисленного разнотравья следует отметить повышенную роль маревых (в среднем до 7%) в осадках прибрежного мелководья бух. Экспедиции. Судя по количеству ее пыльцы в отложениях другого генезиса, составляющему в среднем 3% (табл. 2), большее содержание маревых в палеопалиноспектрах морских и лагунно-озерных отложений служит уверенным признаком близкого, не более 1 км, положения древней береговой линии.

Сравнение полученных результатов с данными по всей территории юго-западного Приморья [13] выявляет общие характерные черты спорово-пыльцевых

спектров, обусловленные развитием аналогичной растительности. В составе пыльцы древесных пород доминируют те же таксоны: кедр, сосна, дубы и березы, среди травянистых растений — полынь, реже осока. Как и на юго-западной окраине, только содержание пыльцы дубов соответствует их ведущей роли в растительном покрове. При этом ее преобладание отмечается лишь в почвенных пробах, тогда как в отложениях другого генезиса дубы занимают третье, а то и четвертое место после кедра, сосны густоцветковой и берез, роль которых в спектрах намного превышает их участие в растительности.

Интересно провести сравнение характера отражения лесостепной растительности спорово-пыльцевыми спектрами на юго-западной окраине Приморья и Приханкайской равнине [26]. Последняя, занимающая несравненно большую площадь вокруг оз. Ханка, представлена остепненными редколесьями из дуба монгольского, березы даурской и дубово-леспедецево-лещинных порослей в сочетании со злаково-разнотравными остепненными лугами [19]. В отличие от первой, общий состав почвенных проб остепненных лугов на равнине с резким преобладанием трав (в среднем 74%) точнее отражает доминирование незалесенных пространств. В спектрах озерных отложений, включая осадки оз. Ханка и каналов рисовых полей, наблюдается почти равное (42–51%) значение пыльцы трав и древесных пород, близкое к соотношению в пробах почвенного и речного генезиса прибрежно-морской лесостепи. Основной набор пыльцы древесных пород в спектрах Приханкайской лесостепи почти полностью отвечает прибрежно-морскому варианту. В нем преобладают те же породы: дуб, березы, кедр, сосна подрода *Diploxylon* (*Pinus funebris*), а также ильм, слабо представленный в спектрах юго-западной окраины. Отражение растительности субфоссильными спектрами носит более адекватный характер, нежели в области развития прибрежно-морской лесостепи. Кроме дуба, преобладающего в спектрах большинства типов отложений (в среднем 35%) и верно отражающего его ведущую роль в небольших рощах среди Приханкайской лесостепи, второе место в них занимает пыльца берез (24%) с близкой ролью в тех же лесных сообществах. Значение пыльцы кедра, занимающей в спектрах равнины в среднем третье место (17%), не отражает его действительной роли в растительности, поскольку он здесь отсутствует. Участие пыльцы сосны (7%) в спектрах также завышено, хотя и в меньшей степени, чем в прибрежно-морской лесостепи, несмотря на ее присутствие в дубняках.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ состава субфоссильных спектров показывает, что во всех генетических типах современных отложений юго-западной окраины Приморья преобладает пыльца нескольких высокопродуктивных ветроопыляемых древесных пород: сосны густоцветковой и корейской (кедра), берез

и дубов. Содержание пыльцы этих пород в спорово-пыльцевых спектрах, за исключением дубов, почти не соответствует растительному покрову, в пределах которого происходит их формирование.

Наиболее ярко неадекватность отражения растительности спорово-пыльцевыми спектрами проявилась в прибрежно-морской лесостепи. Состав пыльцы древесных пород показывает значительное участие редко встречающихся сосны густоцветковой и берез, а также отсутствующего в растительности кедра. Лишь пыльца дубов, достигающая наибольших (в среднем до 35 %) значений в спектрах почвенных и лагунно-озерных отложений, в должной мере отражает участие этих деревьев в лесах островных возвышенностей. Спорово-пыльцевые спектры, развитые в области распространения дубовых редколесий, также в целом не соответствуют характерным чертам растительного покрова, но в меньшей степени, чем в лесостепи. В них также наблюдается большое содержание пыльцы хвойных деревьев и берез. Наиболее точно растительность отражают спектры почвенных отложений, где среди доминирующей пыльцы широколиственных деревьев содержание дуба достигает 60 % против 40 % в среднем для области редколесий.

Сравнительный анализ изученных спорово-пыльцевых спектров показывает, что в прибрежно-морской лесостепи участие пыльцы обеих сосен заметно выше, нежели в редколесьях дуба. В большей степени это касается кедр, содержание пыльцы которого в лесостепных спектрах составляет в среднем 20 %, а в редколесных — 11 %, несмотря на то что они лежат в 25–45 км от его источника, ближайшего массива кедрово-широколиственных лесов в Чёрных горах. В область лесостепи его пыльца поступает с расстояния 45–70 км. Для сосны густоцветковой эта разница проявляется в меньшей степени: 33 % в лесостепи и 27 % в редколесьях, за счет точечного участия в растительности обоих районов. Скорее всего, обнаруженный эффект вызван разной степенью «разбавления» пыльцевого дождя, создающегося соснами, пыльцевым дождем других ветроопыляемых деревьев, в первую очередь дубов, число которых в зоне редколесий намного превышает их количество в районе развития прибрежно-морской лесостепи. Аналогичный эффект, по-видимому, проявляется и в отношении пыльцы берез, содержание которой также существенно выше в лесостепных (в среднем 32 %), чем в редколесных (22 %) спектрах. Интересно, что возрастание роли сосны в спорово-пыльцевых спектрах безлесных экосистем за пределами ее ареала было отмечено для лиственных лесов центральной Сибири, развивающихся в более суровых климатических условиях [27]. Высокое содержание пыльцы берез, также неадекватное их участию в фитоценозах елово-пихтовых лесов, обнаружено и при изучении субфоссильных спорово-пыльцевых спектров высотных поясов южного Сихотэ-Алиня [28].

Несоответствие спорово-пыльцевых спектров растительности отмечается и для пыльцы травянистых растений, где полынь, доминирующая в спектрах прибрежно-морской лесостепи, и осоковые — среди

почвенных проб дубовых редколесий, сильно уступают их действительному участию в травостоях разнообразным злакам и разнотравью. Среди многочисленного разнотравья, занимающего вторые–третьи места, в спектрах морских и озерно-лагунных отложений фиксируется повышенное (в среднем 7–13 %) значение пыльцы маревых, позволяющее считать его маркером непосредственной близости морского или лагунного берега.

Особенности формирования современных спорово-пыльцевых спектров и характер отражения ими растительного покрова, установленные проведенным исследованием, имеют определяющее значение для объективной реконструкции палеоландшафтов юго-западной окраины Приморья и прилегающей к ней территории Хасанского района, в первую очередь прибрежно-морской лесостепи и широко развитых дубовых редколесий.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Борисова О. К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2014. № 2. С. 5–20. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2014-2-5-20>.
2. Хронология короткопериодных вариаций климата в голоцене на северо-западе России и корреляция с вариациями солнечной активности / Х. А. Арсланов [и др.] // Ученые записки Казанского университета. Сер.: Естественные науки. 2022. Т. 164, № 1. С. 135–165. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2022.1.135-165>.
3. Голоцен побережья юго-западного Приморья / Ю. А. Микишин [и др.] // Научное обозрение. 2008. № 1. С. 8–27.
4. Микишин Ю. А., Гвоздева И. Г. Палеосреда острова Русский (Южное Приморье) в среднем–позднем голоцене // Фундаментальные исследования. 2014. № 3–3. С. 516–522. <https://doi.org/10.17513/fr.33706>.
5. Holocene mountain landscape development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East / N. Razjigaeva [et al.] // Boreas. 2021. Vol. 50, no. 4. P. 1043–1058. <https://doi.org/10.1111/bor.12545>.
6. Микишин Ю. А., Петренко Т. И., Гвоздева И. Г. Поздняя фаза атлантического периода голоцена на юге Приморья // Успехи современного естествознания. 2019. № 12. С. 96–107. <https://doi.org/10.17513/use.37275>.
7. Global cooling events of the Late Holocene preserved in the coastal sediments in the southern Far East of Russia / N. G. Razjigaeva [et al.] // Doklady Earth Sciences. 2023. Vol. 513. P. S97–S108. <https://doi.org/10.1134/S1028334X23602262>.
8. Изменения растительности на Юге Российского Дальнего Востока в среднем и позднем голоцене / П. С. Белянин [и др.] // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2019. № 2. С. 69–84. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019269-84>.
9. Лячевская М. С., Ганзей Л. А. Динамика растительности юга Приморья при климатической ритмике малого ледникового периода // Геосистемы переходных зон. 2022. № 6 (3). С. 206–217. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.206-217>.
10. Микишин Ю. А., Гвоздева И. Г., Элбакидзе Е. А. Морское осадконакопление на побережье юго-западной окраины Приморья в среднем голоцене // Тихоокеанская геология. 2024. Т. 43, № 5. С. 39–53. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2024-43-5-39-53>.
11. Короткий А. М., Караулова Л. П., Троицкая Т. С. Четвертичные отложения Приморья: стратиграфия и палеогеография : тр. Ин-та геологии и геофизики / отв. ред.

В.И. Гудина. Вып. 429. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1980. 234 с.

12. Короткий А. М. Географические аспекты формирования субфосильных спорово-пыльцевых комплексов (юг Дальнего Востока). Владивосток : Дальнаука, 2002. 271 с.

13. Микишин Ю. А., Гвоздева И. Г., Петренко Т. И. Споры-пыльцевые спектры современных отложений побережья юго-западного Приморья // Методические аспекты палинологии : материалы X всерос. палинол. конф., Москва, 14–18 окт. 2002 г. М. : ИГиРГИ, 2002. С. 154–156.

14. The Eurasian Modern Pollen Database (EMPD), version 2 / B. A. S. Davis [et al.] // *Earth Syst. Sci. Data*. 2020. Vol. 12, no. 4. P. 2423–2445. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2423-2020>.

15. Палеопалинология : тр. ВСЕГЕИ. Новая сер. Вып. 141. Л. : Недра, 1966. Т. 1. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий / Е. М. Андреева [и др.] ; под общ. ред. И. М. Покровской. 351 с.

16. Валова З. Г. Флора и растительность Юга Хасанского района (Приморский край) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1967. 20 с.

17. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Вып. 26. Приморский край. Л. : Гидрометеиздат, 1988. 416 с.

18. Геоботаническая карта Приморского края. Масштаб 1 : 500 000 / под ред. Б. П. Колесникова. Владивосток : АН СССР, Дальневост. фил. им. В. Л. Комарова, 1956.

19. Куренцова Г. Э. Растительность Приханкайской равнины и окружающих предгорий. М. ; Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1962. 139 с.

20. Сосудистые растения советского Дальнего Востока / отв. ред. С. С. Харкевич. Т. 4. Л. : Наука, 1989. 380 с. ; Т. 8. СПб. : Наука, 1996. 383 с.

21. Кожевникова З. В., Кожевников А. Е. О новом местонахождении *Ephedra monosperma* С. А. Мей. (*Ephedraceae*) в Приморском крае // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2012. Т. 117, № 6. С. 82.

22. Кожевникова З. В., Кожевников А. Е. *Ephedra distachya* L. и *E. equisetina* Bunge (*Ephedraceae* Dumort.) — новые виды для флоры российского Дальнего Востока // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2014. Т. 119, вып. 1. С. 57–60.

23. Монозон М. Х. Рассеивание воздушным путем пыльцы маревых // Материалы по геоморфологии и палеогеографии СССР : тр. Ин-та географии Акад. наук СССР. Вып. LXXVII. Т. 21. Работы по спорово-пыльцевому анализу. М. ; Л. : Акад. наук СССР, 1959. С. 157–165.

24. Монозон М. Х. Определитель пыльцы видов семейства маревых : (пособие по спорово-пыльцевому анализу). М. : Наука, 1973. 96 с.

25. Дальневосточный морской биосферный заповедник. Т. 2. Биота / отв. ред. А. Н. Тюрин ; ред. А. Л. Дроздов. Владивосток : Дальнаука, 2004. 847 с.

26. Петренко Т. И., Микишин Ю. А., Беянина Н. И. Субфосильные спорово-пыльцевые комплексы Приханкайской равнины Приморья // Естественные и технические науки. 2009. № 4. С. 162–171.

27. Modern pollen-vegetation relationships: A view from the larch forests of Central Siberia / E. Novenko [et al.] // *Land*. 2024. Vol. 13, no. 11. P. 1939. <https://doi.org/10.3390/land13111939>.

28. Лящевская М. С. Субфосильные спорово-пыльцевые спектры высотных поясов Северного и Южного Сихотэ-Алиня // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2024. Т. 88, № 2. С. 231–243. <https://doi.org/10.31857/S2587556624020104>.

## REFERENCES

1. Borisova O. K. Landscape and climate change in Holocene. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Ser. Geograficheskaya*. 2014; (2): 5–20. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2014-2-5-20>. (In Russ.).

2. Chronology of the short-term climate change during the Holocene in Northwestern Russia and its correlation with the solar activity variations / Kh. A. Arslanov [et al.]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Ser. Estestvennye Nauki*. 2022; 164 (1): 135–165. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2022.1.135-165>. (In Russ.).

3. Holocene of the coast of south western Primorye / Yu. A. Mikishin [et al.]. *Scientific Review*. 2008; (1): 8–27. (In Russ.).

4. Mikishin Yu. A., Gvozdeva I. G. Mid to Late Holocene of Russkyi Island (southern Primorye). *Fundamental Research*. 2014; (3–3): 516–522. <https://doi.org/10.17513/fr.33706>. (In Russ.).

5. Holocene mountain landscape development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East / N. Razjigaeva [et al.]. *Boreas*. 2021; 50 (4): 1043–1058. <https://doi.org/10.1111/bor.12545>.

6. Mikishin Yu. A., Petrenko T. I., Gvozdeva I. G. Late phase of the Atlantic period of the Holocene in southern Primorye (Russian Far East). *Advances in Current Natural Sciences*. 2019; (12): 96–107. <https://doi.org/10.17513/use.37275>. (In Russ.).

7. Global cooling events of the Late Holocene preserved in the coastal sediments in the southern Far East of Russia / N. G. Razjigaeva [et al.]. *Doklady Earth Sciences*. 2023; 513: S97-S108. <https://doi.org/10.1134/S1028334X23602262>.

8. Vegetation changes in the south of the Russian Far East in the Middle and Late Holocene / P. S. Belyanin [et al.]. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Ser. Geograficheskaya*. 2019; (2): 69–84. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019269-84>. (In Russ.).

9. Lyashchevskaya M. S., Ganzey L. A. Dynamics of vegetation of the southern Primorye during the climatic rhythm of the Little Ice Age. *Geosystems of Transition Zones*. 2022; 6 (3): 206–217. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.206-217>. (In Russ.).

10. Mikishin Yu. A., Gvozdeva I. G., Elbakidze E. A. Mid-Holocene marine sedimentation at southwestern coastal margin in Primorye, Russia. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2024; 43 (5): 39–53. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2024-43-5-39-53>. (In Russ.).

11. Korotkiy A. M., Karaulova L. P., Troitskaya T. S. Quaternary sediments of Primorye: Stratigraphy and paleogeography: Proc. of Inst. of Geology and Geophysics / Publ. Ed. V. I. Gudina. Vol. 429. Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch; 1980. 234 p. (In Russ.).

12. Korotkiy A. M. Geographical aspects of formation of subfossil spore-pollen complexes (south of Far East). Vladivostok: Dalnauka; 2002. 271 p. (In Russ.).

13. Mikishin Yu. A., Gvozdeva I. G., Petrenko T. I. Pollen assemblages of modern sediments in the coast of southwestern Primorye, Russian Far East. *Methodological Aspects of Palynology. Proc. of X All-Russ. Palynological Conf.*, Moscow, 14–18 Oct. 2002. Moscow: IGIRGI; 2002. P. 154–156. (In Russ.).

14. The Eurasian Modern Pollen Database (EMPD), version 2 / B. A. S. Davis [et al.]. *Earth Syst. Sci. Data*. 2020; 12 (4): 2423–2445. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2423-2020>.

15. Paleopalynology: VSEGEI Proc. New. Ser. Vol. 141. Leningrad: Nedra; 1966. Vol. 1. Methods of paleopalynological studies and morphology of some fossil spores, pollen, and other plant microfossils / E. M. Andreeva [et al.]; Ed. I. M. Pokrovskaya. 351 p. (In Russ.).

16. Valova Z. G. Flora and vegetation of the south of the Khasansky District (Primorsky Krai): Abstr. of PhD diss. (Biology). Vladivostok; 1967. 20 p. (In Russ.).

17. Research and application handbook on the USSR climate. Ser. 3. Long-Term data. Vol. 26. Primorsky Krai. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1988. 416 p. (In Russ.).

18. Geobotanical map of Primorsky Krai. Scale of 1 : 500,000 / Ed. B. P. Kolesnikov. Vladivostok: USSR Acad. of Sci., Far Eastern Branch named after V. L. Komarov; 1956. (In Russ.).

19. Kurentsova G. E. Vegetation of the Khanka Plain and surrounding foothills. Moscow; Leningrad: USSR Acad. of Sci. Publ. House; 1962. 139 p. (In Russ.).

20. Vascular plants of the Soviet Far East / Publ. Ed. S. S. Kharkevich. Vol. 4. Leningrad: Nauka; 1989. 380 p.; Vol. 8. St. Petersburg: Nauka; 1996. 383 p. (In Russ.).

21. Kozhevnikova Z. V., Kozhevnikov A. E. On a new record of *Ephedra monosperma* C. A. Mey. (Ephedraceae) in Primorsky Krai. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Ser.* 2012; 117 (6): 82. (In Russ.).

22. Kozhevnikova Z. V., Kozhevnikov A. Ye. *Ephedra distachya* L. and *E. equisetina* Bunge (Ephedraceae Dumort.), new species for flora of the Russian Far East. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Ser.* 2014; 119 (1): 57–60. (In Russ.).

23. Monoszon M. Kh. Airborne dispersal of Chenopodiaceae pollen. *Materials on geomorphology and paleogeography of the USSR: Proc. of the Institute of Geography, USSR Acad. of Sci.* Vol. LXXVII. Vol. 21. Works on spore-pollen analysis. Moscow; Leningrad: USSR Acad. of Sci. Publ. House; 1959. P. 157–165. (In Russ.).

24. Monoszon M. Kh. Pollen identifier of glasswort species: spore-pollen analysis manual. Moscow: Nauka; 1973. 96 p. (In Russ.).

25. Far Eastern Marine Biosphere Reserve. Vol. 2. Biota / Publ. Ed. A. N. Tyurin; Ed. A. L. Drozdov. Vladivostok: Dalnauka; 2004. 847 p. (In Russ.).

26. Petrenko T. I., Mikishin Yu. A., Belyanina N. I. Sub-fossil pollen-spore complexes of Khanka Lake Flatland in Primorsky Krai, Russia. *Natural and Technical Sciences.* 2009; (4): 162–171. (In Russ.).

27. Modern pollen-vegetation relationships: A view from the larch forests of Central Siberia / E. Novenko [et al.]. *Land.* 2024; 13 (11): 1939. <https://doi.org/10.3390/land13111939>.

28. Lyashchevskaya M. S. Subfossil pollen spectra in the altitudinal belts of the Sikhote-Alin. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Ser. Geograficheskaya.* 2024; 88 (2): 231–243. <https://doi.org/10.31857/S2587556624020104>. (In Russ.).

## Юрий Анатольевич Микишин

Кандидат географических наук,  
старший научный сотрудник

Дальневосточный геологический институт  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-1709-8887>  
Scopus Author ID 55833606300  
ResearcherID L-3801-2017  
SPIN-код РИНЦ 1337-3266  
[yurimikishin@fegi.ru](mailto:yurimikishin@fegi.ru)

## Yury A. Mikishin

PhD (Geography),  
Senior Researcher

Far East Geological Institute,  
Far East Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-1709-8887>  
Scopus Author ID 55833606300  
ResearcherID L-3801-2017  
RSCI SPIN-code 1337-3266  
[yurimikishin@fegi.ru](mailto:yurimikishin@fegi.ru)

## Ирина Георгиевна Гвоздева

Научный сотрудник

Дальневосточный геологический институт  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-7322-4441>  
Scopus Author ID 8097762800  
SPIN-код РИНЦ 8471-2209  
[gvozdika@fegi.ru](mailto:gvozdika@fegi.ru)

## Irina G. Gvozdeva

Researcher

Far East Geological Institute,  
Far East Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-7322-4441>  
Scopus Author ID 8097762800  
RSCI SPIN-code 8471-2209  
[gvozdika@fegi.ru](mailto:gvozdika@fegi.ru)

## Татьяна Ивановна Петренко

Научный сотрудник

Дальневосточный геологический институт  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-4312-181X>  
ResearcherID ACO-6286-2022  
SPIN-код РИНЦ 8406-0877  
[tipetro@fegi.ru](mailto:tipetro@fegi.ru)

## Tatiana I. Petrenko

Researcher

Far East Geological Institute,  
Far East Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-4312-181X>  
ResearcherID ACO-6286-2022  
RSCI SPIN-code 8406-0877  
[tipetro@fegi.ru](mailto:tipetro@fegi.ru)

## Александра Владимировна Романова

Кандидат геолого-минералогических наук,  
старший научный сотрудник

Дальневосточный геологический институт  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2884-1197>  
Scopus Author ID 57211343024  
ResearcherID B-6348-2017  
SPIN-код РИНЦ 4595-6140  
[sandra\\_ru@bk.ru](mailto:sandra_ru@bk.ru)

## Alexandra V. Romanova

PhD (Geology and Mineralogy),  
Senior Researcher

Far East Geological Institute,  
Far East Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-2884-1197>  
Scopus Author ID 57211343024  
ResearcherID B-6348-2017  
RSCI SPIN-code 4595-6140  
[sandra\\_ru@bk.ru](mailto:sandra_ru@bk.ru)

**Авторское выражение благодарности:** авторы выражают благодарность А. Н. Попову (Учебно-научный музей Дальневосточного федерального университета) за организацию полевых работ в ноябре 2020 г. и В. В. Афанасьеву (Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук) за помощь, оказанную при отборе проб озерных и лагунных осадков. Также благодарим рецензентов, чьи замечания позволили повысить качество статьи.

**Acknowledgments:** the authors are grateful to A. N. Popov (Scientific Museum of Far Eastern Federal University) for organizing the field work in November of 2020 and V. V. Afanasev (Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences) for assisting in lacustrine and lagoon sediment sampling. We also thank reviewers, whose comments contributed to enhancing the article quality.

**Вклад авторов:** Микишин Ю. А. — научное руководство, организация работ по проекту, полевые исследования, написание исходного текста, итоговые выводы.  
Гвоздева И. Г. — выполнение спорово-пыльцевого анализа, доработка текста, итоговые выводы.  
Петренко Т. И. — выполнение спорово-пыльцевого анализа, итоговые выводы.  
Романова А. В. — организация работ по проекту, полевые исследования, выполнение спорово-пыльцевого анализа.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** Mikishin Yu. A. — research supervision, project work organization, field research, writing the draft, final conclusions.  
Gvozdeva I. G. — performing pollen analysis, text revision, final conclusions.  
Petrenko T. I. — performing pollen analysis, final conclusions.  
Romanova A. V. — project work organization, field research, performing pollen analysis.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.06.2025  
Одобрена после рецензирования 21.10.2025  
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 19.06.2025  
Approved after reviewing 21.10.2025  
Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 581.331.2:551.35"628.646"(265.54)  
doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_23-29

**Ключевые слова:** Япономорский регион, шельф острова Сахалин, морские донные отложения, палинологический анализ, спорово-пыльцевой спектр, морские течения

**Благодарности:** экспедиция, в ходе которой был получен материал, финансировалась Лаошаньской лабораторией (LSKJ202204203), Тайшаньской научной программой провинции Шаньдун (tspd20181216). Исследование выполнено в рамках темы государственного задания № 124022100084-8.

**Для цитирования:** Новосёлова Ю. В., Горбаренко С. А. Пространственное распределение пыльцы в современных донных осадках Японского моря // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 23–29. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_23-29](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_23-29)

Original article

UDC 581.331.2:551.35"628.646"(265.54)  
doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_23-29

**Keywords:** Sea of Japan region, Sakhalin Island shelf, marine bottom sediments, pollen analysis, pollen spectrum, sea currents

**Acknowledgments:** the Laoshan Laboratory (LSKJ202204203) and Mount Tai Science Program of Shandong Province (tspd20181216) funded the data-collecting expedition. The research was supported by state geological study no. 124022100084-8.

**For citation:** Novoselova Yu. V., Gorbarenko S. A. Spatial distribution of pollen in the Sea of Japan's modern bottom sediments. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 23–29. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_23-29](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_23-29)



## Пространственное распределение пыльцы в современных донных осадках Японского моря

Ю. В. Новосёлова✉, С. А. Горбаренко

Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия, [novoselova.uv@poi.dvo.ru](mailto:novoselova.uv@poi.dvo.ru)✉

**Аннотация.** Рассматриваются результаты изучения пыльцы и спор из донных отложений Японского моря, отобранных в 2010 г. в Татарском прогибе, на материковом склоне Приморья, а также на возвышенностях Северное Ямато и Первенец. В осадках Татарского прогиба отмечается высокое содержание пыльцы сосны, березы и ели. Доминирование пыльцы хвойных (ели, сосны) обусловлено широким распространением этих пород и особенностью этой пыльцы разноситься ветрами на сотни километров. В осадках, отобранных на возвышенности Первенец, преобладает пыльца хвойных деревьев (сосна, ель и пихта в сумме составляют около 90%) и дуба (до 20%). В осадках на хр. Северное Ямато доминирует пыльца сосны и дуба. Участие пыльцы дуба в морских осадках увеличивается с севера на юг в соответствии с его ареалом в Япономорском регионе. Полученные данные важно учитывать в будущем при интерпретации пыльцевых записей морских осадков и палеореконструкции природных условий и климата.

## Spatial distribution of pollen in the Sea of Japan's modern bottom sediments

Yu. V. Novoselova✉, S. A. Gorbarenko

V. I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute,  
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia, [novoselova.uv@poi.dvo.ru](mailto:novoselova.uv@poi.dvo.ru)✉

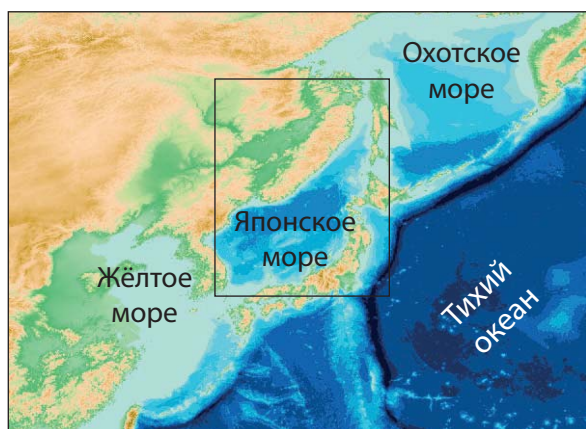
**Abstract.** The paper reveals pollen and spore findings from the Sea of Japan's bottom sediments, namely the Tartary Trough, continental slope of Primorye, Russian Far East, as well as Northern Yamato and Pervenets rises in 2010. The Tartary Trough sediments contain a high percentage of pine, birch, and spruce pollen. Dominance of coniferous (spruce and pine) pollen is associated with the widespread distribution of the species as well as ability of this pollen to be aerially dispersed for hundreds of kilometers. Coniferous pollen (pine, spruce, and fir amount to approximately 90%) and oak pollen (up to 20%) dominate in the Pervenets Rise sediments. Pine and oak pollen prevail in the Northern Yamato Ridge sediments. Oak pollen presence in marine sediments increases from north to south, consistent with its range in the Sea of Japan region. The obtained data are likely to contribute to interpreting pollen records of marine sediments and paleoreconstruction of environmental conditions and climate.

## ВВЕДЕНИЕ

Во второй половине прошлого века в нашей стране начались интенсивные исследования морских осадков, включая осадки дальневосточных морей [1–10]. Геологи использовали данные палинологического анализа в первую очередь при стратиграфическом делении морских отложений. Первые работы по изучению осадков дальневосточных морей были организованы палинологом Е. В. Корневой в 1953–1963 гг. Результаты этих исследований послужили основой для составления карты и схемы количественного распределения и качественного состава пыльцы на дне Охотского моря и западной части Тихого океана [1; 2]. На примере изучения зал. Петра Великого определены общие закономерности в распределении пыльцы и спор в зависимости от геоморфологического строения и типов осадков. Пыльца распределяется в осадках как пелитовая фракция терригенного происхождения, и максимальное содержание палиноморф встречается на участках, где накапливаются глинистые

илы, имеющие невысокое содержание карбонатов и аморфного кремнезема [2; 11]. Исследования С. А. Сафаровой, Л. П. Карауловой, Н. К. Вагиной, И. Г. Гвоздевой, опубликованные в конце XX в. — начале XXI в., были посвящены главным образом вопросам палеоокеанологии Японского и Берингова морей [3; 8; 12–15]. В последние десятилетия пыльцевые записи морских осадков широко используют при детальной реконструкции палеоклимата, однако недостаточная изученность поверхностных отложений существенно затрудняет их интерпретацию.

Японское море имеет уникальное географическое положение на окраине Азиатского континента (рис. 1, а) и отличается своеобразной системой течений (рис. 1, с) [16]. Зимой в результате столкновения двух атмосферных центров регион оказывается под влиянием Азиатского антициклона, поэтому погода преимущественно ясная и без осадков. В теплый период сильное влияние оказывают поступающие с океана теплые, влажные воздушные массы, благодаря которым выпадают обильные осадки. Дно моря отличается сложным рельефом и неоднородным



а

**Рис. 1. Географическое положение региона и станций**

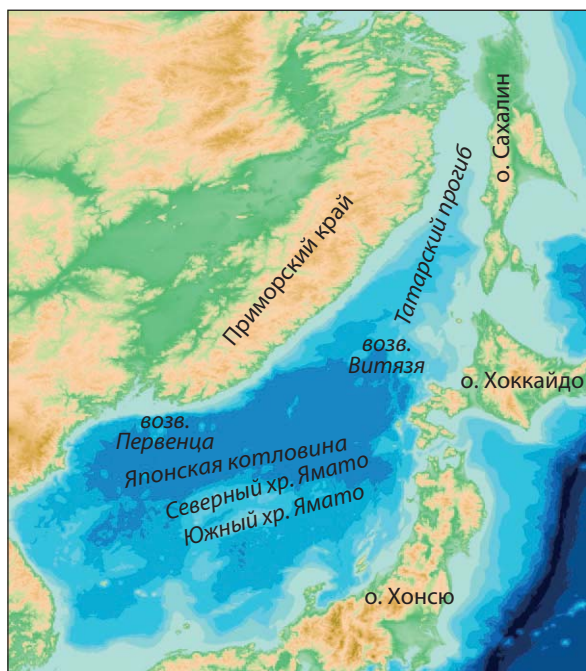
**а** — район исследования; **б** — крупные морфоструктуры дна Японского моря; **с** — схема поверхностных течений (1–4) и карта расположения станций отбора материала: 1 — Цусимское теплое течение, 2 — Восточно-Корейское теплое течение, 3 — Лиманное холодное течение, 4 — Северо-Корейское холодное течение

Источник: **с** — по [16]

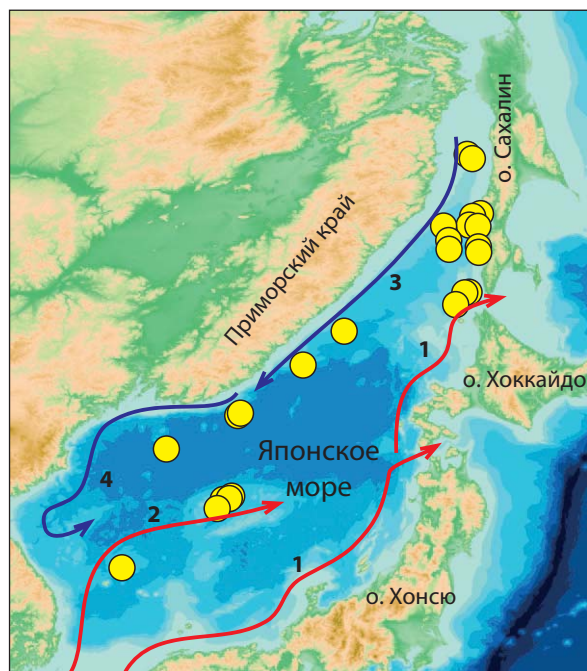
**Fig. 1. Geographical location of the region and stations**

**а** — study area; **б** — large morphostructures at the Sea of Japan bottom; **с** — surface current (1–4) scheme and sampling stations location map: 1 — Tsushima warm current, 2 — East Korean warm current, 3 — Limannoye cold current, 4 — North Korean cold current

Source: **с** — from [16]



б



с

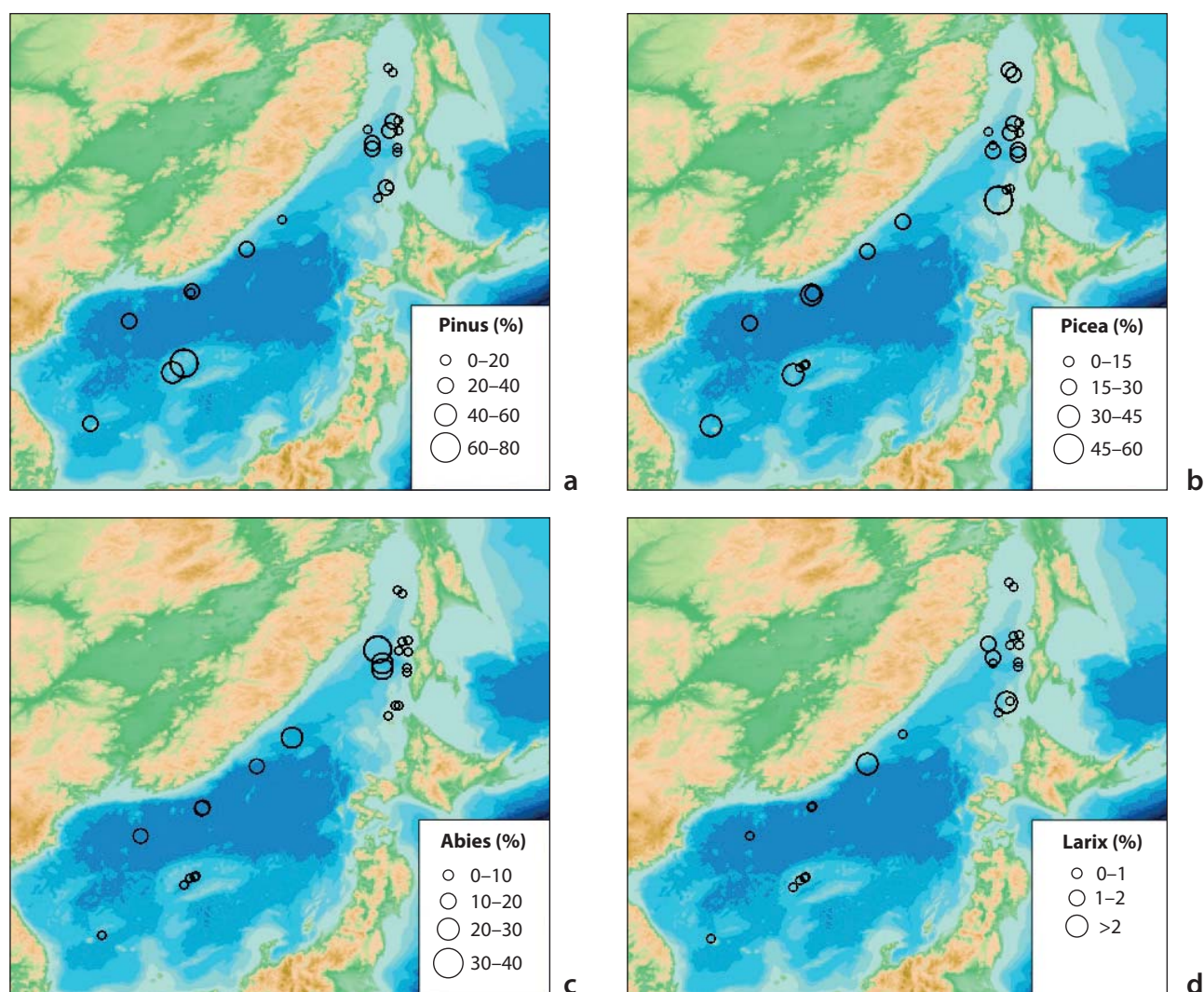


Рис. 2. Пространственное распределение пыльцы хвойных пород в донных осадках

*a* — сосна; *b* — ель; *c* — пихта; *d* — лиственница

Fig. 2. Spatial distribution of coniferous pollen in bottom sediments

*a* — pine; *b* — spruce; *c* — fir; *d* — larch

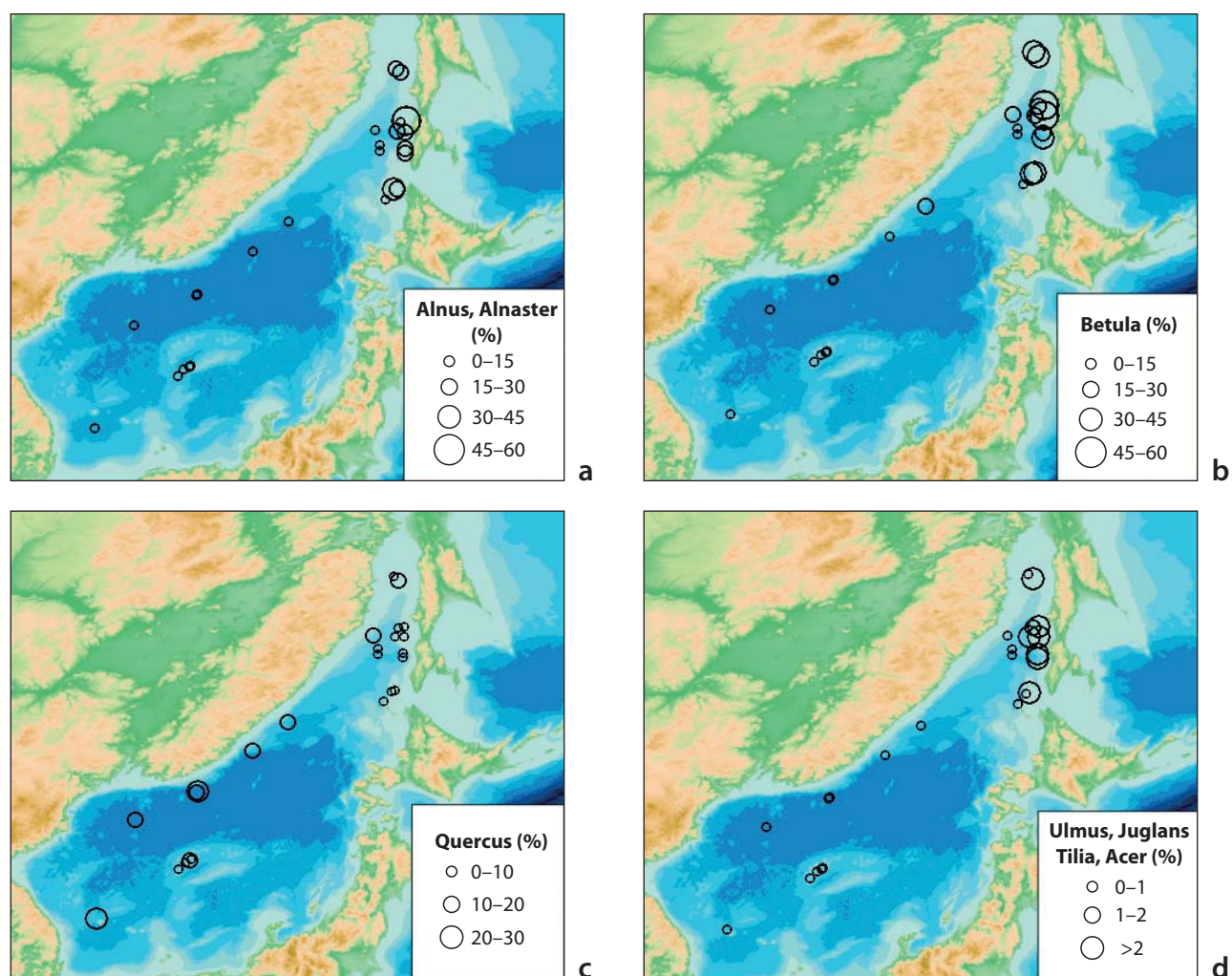
составом осадков. Наиболее распространенными являются крупноалевритовые, алевро-пелитовые и пелитовые илистые отложения. На шельфе и других мелководных областях часто встречаются пески [17], на континентальном склоне распространены крупноалевритовые осадки, области глубоководных котловин обычно состоят из алевро-пелитовых и пелитовых илов [18].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы положены результаты изучения пыльцы и спор из морских донных отложений, отобранных в 2010 г. в Татарском проливе, на материковом склоне Приморья, а также на возвышенностях Северное Ямато и Первенец (рис. 1, *b*). Основная часть материала получена в ходе совместной работы с китайскими учеными на научно-исследовательском судне «Академик М.А. Лаврентьев».

Эти образцы представляют собой самый верхний слой современных донных отложений (0–4 см) и отбирались с помощью мультикорера на борту судна. Как правило, осадок был представлен мягким, очень мягким или полужидким пелитом либо мелкоалевритовым пелитом серовато-зеленого, зелено-коричневого или коричневого цвета. Использовались также опубликованные результаты изучения морских осадков, отобранных на шельфе Сахалина [19]. Всего изучено более 20 образцов морских осадков. Химическая подготовка проб проведена по стандартной методике В.П. Гричука<sup>1</sup> [20]. Главный инструмент, используемый для определения пыльцы и спор, — световой микроскоп Микмед-6. Полученные первичные данные анализа далее подвергались пересчету по группам согласно

<sup>1</sup> Чернова Г.М. Спорово-пыльцевой анализ отложений плейстоцена–голоцена : учеб. пособие. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. 128 с.



**Рис. 3. Пространственное распределение пыльцы листопадных пород в донных осадках**

*a* — ольха, ольховник; *b* — береза; *c* — дуб; *d* — ильм, орех, липа, клен

**Fig. 3. Spatial distribution of deciduous pollen in bottom sediments**

*a* — alder; *b* — birch; *c* — oak; *d* — elm, walnut, linden, maple

классической методике [20]. Сначала вычислялся общий состав, то есть подсчитывались процентные соотношения по группам пыльцы: 1) деревьев и кустарников, 2) трав и кустарничков и 3) спор (за 100% принимается сумма всех зарегистрированных пыльцевых и спорных зерен). Затем вычислялось процентное содержание каждого таксона или семейства в одной группе (когда за 100% поочередно принимаются суммы пыльцы деревьев и кустарников, трав и кустарничков и спор). Общее количество палиноморф в каждой пробе достигало 500 зерен. При помощи программы Surfer 15 были построены карты-схемы пространственного распределения пыльцы в морских донных осадках.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Общий состав спектров поверхностных донных отложений характеризуется доминированием пыльцы деревьев и кустарников. Наибольшее таксономическое разнообразие отмечается в шельфовых

осадках. В группе деревьев и кустарников доминирует пыльца *Pinus*, *Picea*, *Quercus*, *Abies*, *Betula*, тогда как *Tsuga*, *Acer*, *Castanea*, *Ulmus*, *Cryptomeria* встречаются редко. Пыльца трав и кустарничков занимает незначительное положение в общем составе. Как правило, преобладает пыльца растений с характерной способностью обильно продуцировать пыльцу и распространяться посредством воздушных потоков на сотни километров (*Picea*, *Pinus*) [20]. В составе палиноспектров отмечается обилие пыльцы ели (*Picea*) — до 30% и пихты (*Abies*) — до 30%, особенно в области Татарского прогиба и на континентальном склоне (рис. 2, *b*, *c*). Это связано с распространением темнохвойных лесов на севере Приморского края, Сахалине и Хоккайдо [21].

Высокое содержание сосны (*Pinus*) до 40% (рис. 2, *a*) связано с произрастанием кедрового стланика *Pinus koraiensis* на горных вершинах хр. Сихотэ-Алинь, простирающегося вдоль побережья, и других горных хребтах в изученном регионе. В япономорских осадках почти отсутствует пыльца лиственницы (*Larix*), однако лиственничники

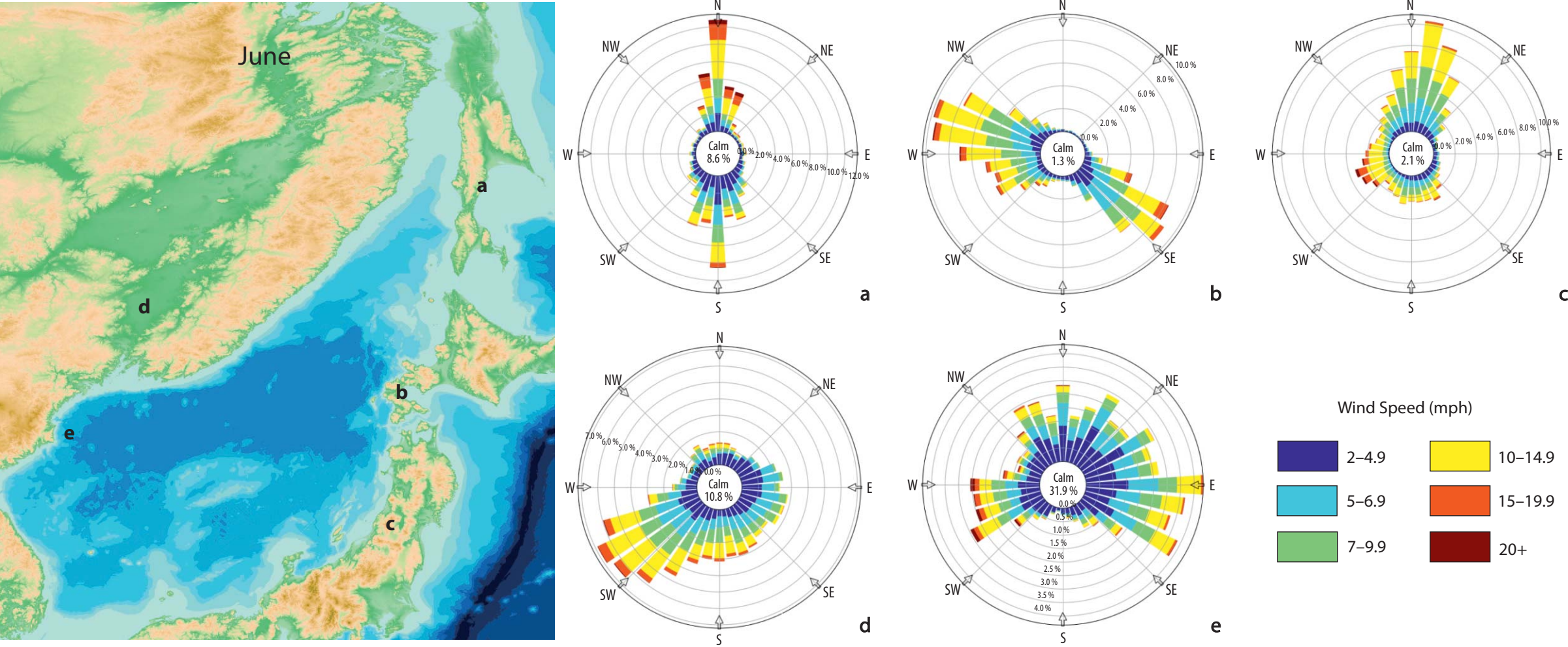


Рис. 4. Роза ветров

*a* — Владивосток; *b* — Южно-Сахалинск; *c* — Акита; *d* — Ниигата; *e* — Каннын

Источник: по открытым данным мезомасштабных конвективных комплексов Университета штата Айова (США)\*

Fig. 4. Wind rose

*a* — Vladivostok; *b* — Yuzhno-Sakhalinsk; *c* — Akita; *d* — Niigata; *e* — Gangneung

Source: from the free-access data by the Iowa Environmental Mesonet of Iowa State University (USA)\*\*

\* URL: <http://www.mesonet.agron.iastate.edu> (дата обращения: 19.06.2025).

\*\* URL: <http://www.mesonet.agron.iastate.edu> (accessed 19.06.2025).

нередко встречаются на юге Дальнего Востока [21; 22]. Это объясняется тем, что пыльца рода *Larix* разрушается в процессе фоссилизации [23]. Содержание дуба (*Quercus*) относительно высокое (20%) в области континентального склона Приморья (рис. 3, с), на возвышенности Первенец, и, напротив, низкое в осадках на шельфе Сахалина (до 10%), что показывает большую роль дуба в умеренно-широколиственных лесах на юге Приморья и согласуется с составом субфоссильных палиноспектров [24].

Высокое участие в спектрах пыльцы березы и ольхи (*Betula* и *Alnus*, *Alnaster*) на шельфе Сахалина (рис. 3, а, б) превышает роль каменной березы и ольховника в растительном покрове острова. Процентное содержание *Juglans*, *Tilia*, *Ulmus*, *Acer* низкое (рис. 3, с), что отражает их незначительную роль в современной растительности региона и отлично согласуется с составом субфоссильных спектров Приморья [24].

## ОБСУЖДЕНИЕ

В осадках Татарского прогиба преобладает пыльца сосны (до 40%) и ели (до 30%), поступающая преимущественно с территорий Сахалина и Приморского края, где в период вегетации преобладают ветра северного и юго-западного направлений (рис. 4). Существенный вклад в распространение пыльцы также вносит Лиманное течение. Появление в отдельных образцах пыльцы *Cryptomeria* — известного эндемика Японских островов — свидетельствует о ее переносе ветрами с о. Хонсю (рис. 4). Это подтверждает мнение японских палинологов о том, что *Cryptomeria* отличается обильной пыльцевой продуктивностью и способна переноситься воздушными потоками на большие расстояния [25]. Также, вероятно, она могла транспортироваться посредством мощного Цусимского течения. Эта экзотическая пыльца в исключительных случаях отмечена в ранее изученных субфоссильных палиноспектрах Сахалина. В работе [19] было показано, что на Сахалине встречается пыльца не произрастающих здесь таксонов: *Corylus*, *Fagus*, *Castanea*. Их содержание, как правило, крайне низкое. Вероятно, это результат ветрового заноса с островов Хонсю и Хоккайдо. Очевидно, что пыльца липы (*Tilia*) может переноситься ветром за пределы своего ареала [19], вопреки имеющимся ранее сведениям [20].

В осадках, отобранных на возвышенности Первенец, преобладает пыльца хвойных деревьев (сосна, ель и пихта достигают в сумме до 90%) и дуба (до 20%), что отражает широко распространенные на территории Приморского края темнохвойные и хвойно-широколиственные леса. В общих чертах состав изученных палиноспектров морских донных осадков вблизи южного побережья Приморья примерно сопоставим со спектрами в районе р. Комиссаровка (юг Приморья) [24]. В осадках хр. Северное Ямато доминирует пыльца сосны и дуба, которая, вероятно, поступает весной с Корейского полуострова западными ветрами (рис. 4) и посредством Восточно-Корейского (рис. 1, с) и Северо-Корейского

течений, а также с южного Приморья. В целом распространение пыльцы основных таксонов в донных отложениях хорошо согласуется с географией еловых, пихтово-еловых, смешанных хвойно-широколиственных лесов на побережье Японского моря, о. Сахалин и Японских островах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые получены данные о пространственном распределении пыльцы различных таксонов в современных осадках Японского моря. Состав палиноспектров поверхностных проб донных осадков продемонстрировал, что главными способами транспортировки пыльцы в акваторию и далее в донные осадки Японского моря являются воздушные потоки и морские течения. Доминирование пыльцы хвойных деревьев отражает преобладание еловых, пихтово-еловых и смешанных хвойно-широколиственных лесов в Япономорском регионе. Процентное содержание пыльцы дуба в морских осадках увеличивается с севера на юг, показывая закономерное изменение роли этой породы в составе растительности, поскольку дуб — теплолюбивая и влаголюбивая порода. В шельфовых осадках Сахалина отмечается относительно высокое содержание пыльцы березы и ольхи, поступающей с острова посредством ветрового заноса и речного стока. Полученные результаты имеют важное значение при реконструкции характера палеорастительности и палеоклимата на основе палинологического анализа глубоководных осадков Японского моря.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Коренева Е. В. Изучение современных морских отложений методом спорово-пыльцевого анализа // Труды Ин-та океанологии Акад. наук СССР / отв. ред. В. Н. Никитин. Т. 13. М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1955. С. 23–29.
2. Коренева Е. В. Спорowo-пыльцевой анализ донных отложений Охотского моря // Геологические исследования в дальневосточных морях : тр. Ин-та океанологии Акад. наук СССР / отв. ред. П. Л. Безруков. Т. 22. М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1957. С. 221–251.
3. Сафарова А. С. С микроскопом в глубь тысячелетий / отв. ред. Е. Д. Заклинская. М. : Наука, 1964. 56 с.
4. Васильев Б. И., Репечка М. А., Караулова Л. П. О скорости осадконакопления голоценовых отложений в северо-западной и центральной частях Японского моря // Вопросы геологии дна Японского моря / отв. ред. Н. П. Васильковский. Владивосток, 1973. С. 124–128.
5. Вронский В. А. Палинологические исследования донных отложений Азовского моря // Палинология голоцена и маринопалинология : тр. III междунар. палинол. конф. / отв. ред. Н. А. Хотинский, Е. В. Коренева. М. : Наука, 1973. С. 124–132.
6. Малясова Е. С. Палинология донных осадков Белого моря / отв. ред. Л. Р. Серебрянный. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. 119 с.
7. Шатилова И. И. Палинологические исследования современных донных осадков Черного моря // Палинология голоцена и маринопалинология : тр. III междунар. палинол. конф. / отв. ред. Н. А. Хотинский, Е. В. Коренева. М. : Наука, 1973. С. 133–137.
8. Вагина Н. К. Изменение верхнечетвертичных палинокомплексов в морских отложениях (по материалам

прямоточных колонок Японского, Охотского морей и Курило-Камчатского желоба) // Геология Тихого океана : тез. докл. III Тихоокеан. шк. по мор. геологии, геофизике и геохимии, Владивосток, 12–18 окт. 1987 г. / отв. ред. Б. И. Васильев. Ч. 1. Владивосток, 1987. С. 49–50.

9. Heusser L. E., Balsam W. L. Pollen distribution in the north-east Pacific Ocean // *Quaternary Research*. 1977. Vol. 7, no. 1. P. 45–62. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(77\)90013-8](https://doi.org/10.1016/0033-5894(77)90013-8).

10. Farley M. B. Palynomorphs from surface water of the eastern and central Caribbean Sea // *Micropaleontology*. 1987. Vol. 33, no. 3. P. 254–262. <https://doi.org/10.2307/1485641>.

11. Коренева Е. В. Споры и пыльца из донных отложений западной части Тихого океана : тр. Геол. ин-та Акад. наук СССР / отв. ред. Е. Д. Заклинская. Вып. 109. М. : Наука, 1964. 92 с.

12. Караулова Л. П., Назаренко Е. М. Характеристика климата Приморья по данным спорово-пыльцевого анализа // Проблемы изучения четвертичного периода : материалы всесоюз. совещ. / отв. ред. А. С. Хоментовский, С. М. Цейтлин. М. : Наука, 1972. С. 388–392.

13. Голоценовые и верхнелейстоценовые отложения Уссурийского залива / Ю. Д. Марков [и др.] // Геология окраинных морей Тихого океана : тр. Дальневост. науч. центра Тихоокеан. океанол. ин-та / под ред. И. И. Берсенева. Т. 7. Владивосток, 1975. С. 127–143.

14. Четвертичные отложения северной части Японского моря / Ю. Д. Марков [и др.] // Палеонтология и стратиграфия кайнозойских отложений Японского и Филиппинского морей / отв. ред. Н. П. Васильковский. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 45–83.

15. Пушкарь В. С., Караулова Л. П., Марков Ю. Д. Диатомовый и спорово-пыльцевой анализы верхнелейстоценовых и голоценовых отложений залива Петра Великого (Японское море) // Рельеф и рыхлые отложения Приморья и Приамурья / отв. ред. А. М. Короткий, А. П. Кулаков. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 98–111.

16. Yoon J.-H., Kim Y.-J. Review on the seasonal variation of the surface circulation in the Japan/East Sea // *Journal of Marine Systems*. 2009. Vol. 78, no. 2. P. 226–236. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2009.03.003>.

17. Гребенникова Т. А. Палеогеографический анализ позднечетвертичных обстановок осадконакопления в Японском море : по данным изучения диатомовых водорослей: дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток, 1989. 184 с.

18. Репечка М. А. Современные донные отложения Японского моря // Вопросы геологии дна Японского моря / отв. ред. Н. П. Васильковский. Владивосток, 1973. С. 66–90.

19. Микишин Ю. А., Гвоздева И. Г. Субфоссильные спорово-пыльцевые комплексы Сахалина и прилегающих территорий. Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. 161 с.

20. Сладков А. Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. М. : Наука, 1967. 270 с.

21. Крестов П. В., Баркалов В. Ю., Таран А. А. Ботанико-географическое районирование острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин : материалы междунар. сахал. проекта / отв. ред. С. Ю. Стороженко. Ч. 1. Владивосток : ФГУП «Изд-во Дальнаука», 2004. С. 67–92.

22. Толмачев А. И. О флоре острова Сахалина : доложено на двенадцатом ежегодном Комаровском чтении 12 дек. 1957 г. М. ; Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1959. 103 с.

23. Александрова А. Н. Плейстоцен Сахалина. М. : Наука, 1982. 192 с.

24. Динамика изменения уровня оз. Ханка (Приморье) в позднем голоцене / В. Б. Базарова [и др.] // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27, № 3. С. 93–98.

25. Квавадзе Э. В. Пыльца таксодиевых и ее особенности. Тбилиси : Мецниереба, 1988. 48 с.

2. Koreneva E. V. Spore-pollen analysis of bottom sediments in the Sea of Okhotsk. *Geological research in Far Eastern seas: Trans. of the Inst. of Oceanology of the USSR Acad. of Sci.* / Publ. Ed. P. L. Bezrukov. Vol. 22. Moscow: USSR Acad. of Sci.; 1957. P. 221–251. (In Russ.).

3. Safarova S. A. With a microscope into the depths of millennia / Publ. Ed. E. D. Zaklinskaya. Moscow: Nauka; 1964. 56 p. (In Russ.).

4. Vasilev B. I., Repechka M. A., Karaulova L. P. Holocene deposits sedimentation rate in the northwestern and central parts of the Sea of Japan. *Geological issues of the Sea of Japan bottom* / Publ. Ed. N. P. Vasilkovskiy. Vladivostok; 1973. P. 124–128. (In Russ.).

5. Vronsky V. A. Palynological studies of bottom sediments of the Sea of Azov. *Holocene Palynology and Marine Palynology: Proc. of the III Intern. Palynological Conf.* / Publ. Eds. N. A. Khotinsky, E. V. Koreneva. Moscow: Nauka; 1973. P. 124–132. (In Russ.).

6. Malyasova E. S. Palynology of the White Sea bottom sediments / Publ. Ed. L. R. Serebryanny. Leningrad: Leningrad Univ. Publ. House; 1976. 119 p. (In Russ.).

7. Shatilova I. I. Data on the palynological research of the recent bottom sediments of the Black Sea. *Holocene Palynology and Marine Palynology: Proc. of the III Intern. Palynological Conf.* / Publ. Eds. N. A. Khotinsky, E. V. Koreneva. Moscow: Nauka; 1973. P. 133–137. (In Russ.).

8. Vagina N. K. Changes in the Upper Quaternary pollen complexes in marine sediments (based on direct-flow cores from the Sea of Japan, Sea of Okhotsk, and Kuril-Kamchatka Trench). *Geology of the Pacific Ocean: Conf. Abstr. of the III Pacific School on Marine Geology, Geophysics, and Geochemistry*, Vladivostok, 12–18 Oct. 1987 / Publ. Ed. B. I. Vasilev. Pt. 1. Vladivostok; 1987. P. 49–50. (In Russ.).

9. Heusser L. E., Balsam W. L. Pollen distribution in the north-east Pacific Ocean. *Quaternary Research*. 1977; 7 (1): 45–62. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(77\)90013-8](https://doi.org/10.1016/0033-5894(77)90013-8).

10. Farley M. B. Palynomorphs from surface water of the eastern and central Caribbean Sea. *Micropaleontology*. 1987; 33 (3): 254–262. <https://doi.org/10.2307/1485641>.

11. Koreneva E. V. Spores and pollen from bottom sediments in the western part of the Pacific Ocean: Trans. of the Inst. of Geol. of the Acad. of Sci. of the USSR / Publ. Ed. E. D. Zaklinskaya. Vol. 109. Moscow: Nauka; 1964. 92 p. (In Russ.).

12. Karaulova L. P., Nazarenko E. M. Characteristics of the Primorye climate according to spore-pollen analysis. *Problems of Studying the Quaternary Period: All-Union Meeting Proc.* / Publ. Eds. A. S. Khomentovskiy, S. M. Tseytlin. Moscow: Nauka; 1972. P. 388–392. (In Russ.).

13. Holocene and Upper Pleistocene deposits of Ussuri Bay / Yu. D. Markov [et al.]. *Geology of the marginal seas of the Pacific Ocean: Trans. of the Far Eastern Sci. Centre, Pacific Oceanological Inst.* / Ed. I. I. Bersenev. Vol. 7. Vladivostok; 1975. P. 127–143. (In Russ.).

14. Quaternary deposits in the northern Sea of Japan. *Paleontology and stratigraphy of the Cenozoic deposits in the Japanese and Philippine seas* / Yu. D. Markov [et al.]; Publ. Ed. N. P. Vasilkovskiy. Vladivostok: FESC AS USSR; 1978. P. 45–83. (In Russ.).

15. Pushkar V. S., Karaulova L. P., Markov Yu. D. Diatom and spore-pollen analysis of the Upper Pleistocene and Holocene deposits of Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Relief and loose sediments of Primorye and Amur region* / Publ. Eds. A. M. Kороткий, A. P. Kulakov. Vladivostok: FESC AS of USSR; 1976. P. 98–111. (In Russ.).

16. Yoon J.-H., Kim Y.-J. Review on the seasonal variation of the surface circulation in the Japan/East Sea. *Journal of Marine Systems*. 2009; 78 (2): 226–236. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2009.03.003>.

17. Grebennikova T. A. Paleogeographic analysis of the Late Quaternary sedimentation settings in the Sea of Japan: based on the diatom research: PhD diss. (Geography). Vladivostok; 1989. 184 p. (In Russ.).

18. Repechka M. A. Modern bottom sediments of the Sea of Japan. *Geological issues of the Sea of Japan bottom* / Publ. Ed. N. P. Vasilkovskiy. Vladivostok; 1973. P. 66–90. (In Russ.).

## REFERENCES

1. Koreneva E. V. Modern marine sediments research with the spore-pollen analysis method. *Trans. of the Inst. of Oceanology of the USSR Acad. of Sci.* / Publ. Ed. V. N. Nikitin. Vol. 13. Moscow: USSR Acad. of Sci.; 1955. P. 23–29. (In Russ.).

19. Mikishin Yu. A., Gvozdeva I. G. Subfossil spore-pollen complexes of Sakhalin Island and adjacent areas. Vladivostok: Publ. Far Eastern Nat. Univ.; 2009. 161 p. (In Russ.).

20. Sladkov A. N. Introduction to spore-pollen analysis. Moscow: Nauka; 1967. 270 p. (In Russ.).

21. Krestov P. V., Barkalov V. Yu., Taran A. A. Botanical and geographical zoning of Sakhalin Island. *Flora and Fauna of Sakhalin Island: Proc. of Intern. Sakhalin Project* / Publ. Ed. S. Yu. Storozhenko. Pt. 1. Vladivostok: Dalnauka Publ. House; 2004. P. 67–92. (In Russ.).

22. Tolmachev A. I. About the flora of Sakhalin Island: Rep. on the twelfth annu. Komarov memorial lectures on 12 Dec. 1957. Moscow; Leningrad: USSR Acad. of Sci. Publ. House; 1959. 103 p. (In Russ.).

23. Aleksandrova A. N. Pleistocene of Sakhalini. Moscow: Nauka; 1982. 192 p. (In Russ.).

24. Variation of the Lake Khanka level in the late Holocene, primorye / V. B. Bazarova [et al.]. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2008; 2 (3): 272–276. (In Russ.).

25. Kvavadze E. V. Pollen of Taxodiaceae and its features. Tbilisi: Metsniereba; 1988. 48 p. (In Russ.).

---

## Юлия Викторовна Новосёлова

Кандидат географических наук,  
младший научный сотрудник

Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-2824-5099>  
ResearcherID HQY-6138-2023  
SPIN-код РИНЦ 6951-3592  
novoselova.uv@poi.dvo.ru

## Yulia V. Novoselova

PhD (Geography),  
Junior Researcher

V. I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute,  
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-2824-5099>  
ResearcherID HQY-6138-2023  
RSCI SPIN-code 6951-3592  
novoselova.uv@poi.dvo.ru

## Сергей Александрович Горбаренко

Доктор геолого-минералогических наук,  
главный научный сотрудник

Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
Владивосток, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-8864-0499>  
Scopus Author ID 6701331486  
ResearcherID A-7055-2016  
SPIN-код РИНЦ 5633-8490  
gorbarenko@poi.dvo.ru

## Sergey A. Gorbarenko

DSc (Geology and Mineralogy),  
Chief Researcher

V. I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute,  
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,  
Vladivostok, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-8864-0499>  
Scopus Author ID 6701331486  
ResearcherID A-7055-2016  
RSCI SPIN-code 5633-8490  
gorbarenko@poi.dvo.ru

---

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.06.2025  
Одобрена после рецензирования 30.10.2025  
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 19.06.2025  
Approved after reviewing 30.10.2025  
Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 56:581.33"628.44"(571.1-13)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_30-39

**Ключевые слова:** палинология, млекопитающие, стратиграфия, плиоцен, неоген, Омское Прииртышье

**Благодарности:** авторы выражают благодарность А.А. Бондареву за помощь в полевых работах. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00401, <https://rscf.ru/project/24-27-00401/>.

**Для цитирования:** Иванова А.В., Тесаков А.С. Палинологическая характеристика пешнёвской свиты (ранний плиоцен) юга Западной Сибири // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 30–39. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_30-39](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_30-39)

Original article

UDC 56:581.33"628.44"(571.1-13)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_30-39

**Keywords:** palynology, mammals, stratigraphy, Pliocene, Neogene, Omsk Irtysh River region

**Acknowledgments:** the authors would like to thank A.A. Bondarev for his field work assistance. The Russian Science Foundation supported grant no. 24-27-00401 (<https://rscf.ru/project/24-27-00401/>).

**For citation:** Ivanova A.V., Tesakov A.S. The Peshnevo Formation (Early Pliocene) palynology in southern Western Siberia. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 30–39. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_30-39](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_30-39)



© Иванова А.В., Тесаков А.С., 2025

## Палинологическая характеристика пешнёвской свиты (ранний плиоцен) юга Западной Сибири

А. В. Иванова✉, А. С. Тесаков

Геологический институт Российской академии наук,  
Москва, Россия, alexandra.ivanova@ginras.ru✉

**Аннотация.** Неогеновые отложения широко представлены на юге Западной Сибири. Ограниченные палинологические данные по плиоцену были получены в основном во второй половине XX в. и имеют слабую стратиграфическую привязку. Одним из таких слабоизученных стратонов является пешнёвская свита. Она характеризуется одноименным фаунистическим комплексом раннего русциния с видом-индексом *Promimomys antiquus* (зона MN14, 4,9–4,2 млн л. н.). Ранее эти отложения датировались в диапазоне от нижнего миоцена до верхнего плиоцена. Согласно предыдущим исследованиям, палинофлора пешнёвского уровня остается неизученной. В рамках данной работы были исследованы три новых местонахождения мелких млекопитающих пешнёвского уровня в окрестностях рек Иртыш и Омь (Омская область). Результаты спорово-пыльцевого анализа указывают на преобладающие лесостепные обстановки. На долю древесной пыльцы приходится до 45 %, что указывает на существование локальных смешанных лесов с темнохвойными и широколиственными породами. Таким образом, в статье представлена первая палинологическая характеристика отложений пешнёвской свиты с надежной палеонтологической привязкой по мелким млекопитающим.

## The Peshnevo Formation (Early Pliocene) palynology in southern Western Siberia

А. V. Ivanova✉, A. S. Tesakov

Geological Institute RAS, Research Organization  
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,  
alexandra.ivanova@ginras.ru✉

**Abstract.** Neogene sediments are widespread in the southern West Siberian Plain. Limited data on the Pliocene palynology were obtained mainly in the second half of the 20<sup>th</sup> century and have poor stratigraphic correlation. The Peshnevo Formation is one of such frontier units. The eponymous faunal complex of the Early Ruscinian with the index species of *Promimomys antiquus* (MN14 Zone, 4.9–4.2 Ma) characterizes the formation. Formerly these sediments were dated from the Lower Miocene to the Upper Pliocene. Previous studies suggest no data on the Peshnevo level palynoflora. Three new small mammal sites of the Peshnevo level were studied near Irtysh and Om rivers (Omsk region). The pollen analysis data indicate the predominant forest-steppe environment. Arboreal pollen accounts for up to 45 %, indicating local mixed forests with dark coniferous and broad-leaved species. Thus, the paper presents the first palynological characteristics of the Peshnevo Formation sediments, which include a reliable paleontological correlation with small mammals.

ВВЕДЕНИЕ

Юг Западной Сибири является опорным регионом для уточнения положения и биостратиграфической характеристики стратонов неогеновой системы в Северной Евразии. На этой территории представлена детальная последовательность осадконакопления континентального неогена, имеющая хорошую палеонтологическую характеристику по разным группам. Геологическое изучение неогеновых отложений Омского Прииртышья началось более века назад с пионерских работ И.Д. Черского и Н.К. Высоцкого, активная же стадия была связана с широким размахом геологоразведочных и геологосъемочных работ в 1950-х гг. [1]. Первая унифицированная стратиграфическая схема кайнозойских отложений Западной Сибири утверждена на Межведомственном совещании во Всесоюзном научно-исследовательском геологическом институте в 1956 г. Полученные за последующие десятилетия представительные геологические и биостратиграфические данные позволили значительно уточнить региональную шкалу неогена. В 2001 г. Сибирским научно-исследовательским институтом геологии, геофизики

и минерального сырья выпущена Унифицированная региональная стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений Западно-Сибирской равнины с объяснительной запиской, содержащая, в том числе, информацию о характерных комплексах флоры и палинозомах [2]. Однако к настоящему времени возраст и стратиграфическое положение многих свит были пересмотрены [3]. В результате ревизии материалов предыдущих исследований, их обработки и последующего пересмотра возраста и положения местных стратиграфических подразделений некоторые свиты на территории Омского Прииртышья оказались слабо или вовсе палинологически не охарактеризованными, что обуславливает необходимость изучения этих толщ методом спорово-пыльцевого анализа. Одним из таких стратонов является пешнёвская свита раннего плиоцена, выделенная В.С. Зажигиным и В.С. Зыкиным в 1984 г. по итогам изучения неогеновых отложений в долине р. Ишим и ряде других точек [4]. Предыдущими исследователями эти отложения относились к различным подразделениям неогена — от нижнего миоцена до верхнего плиоцена. Однако полученный В.С. Зажигиным комплекс мелких млекопитающих

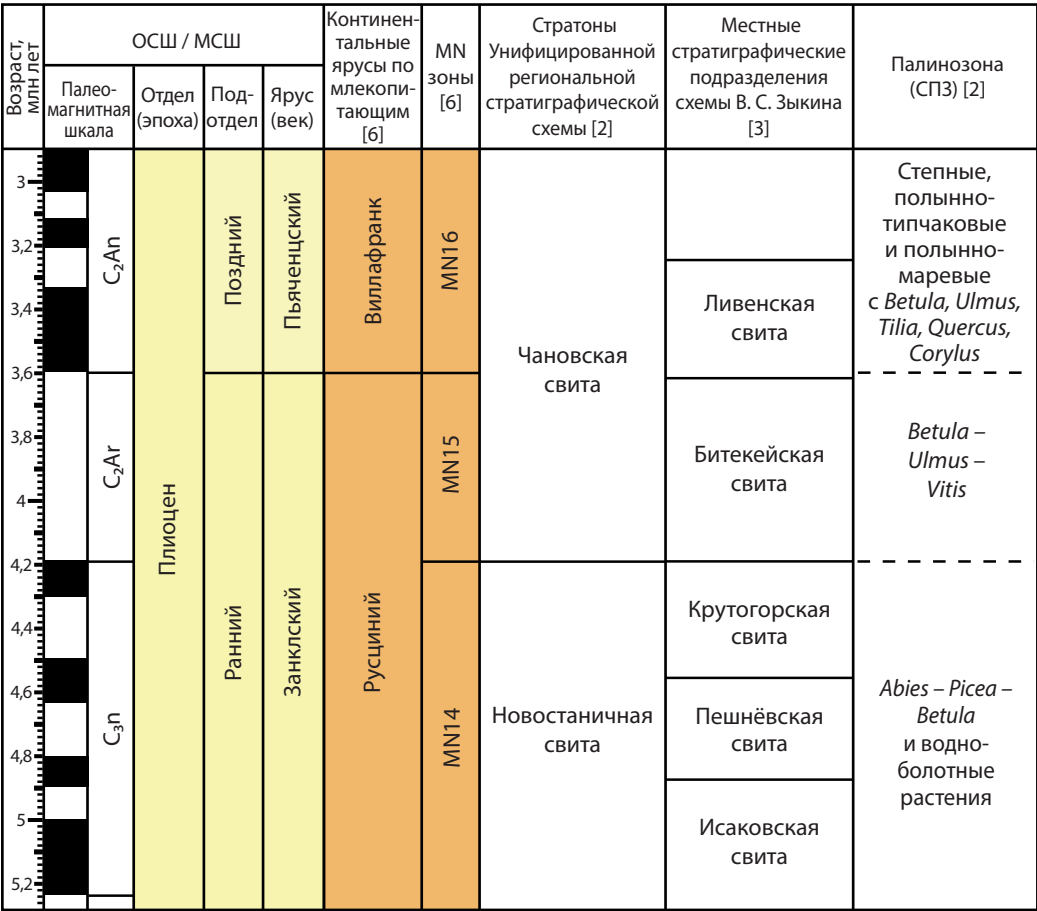


Рис. 1. Корреляция региональных стратиграфических подразделений плиоцена юга Западной Сибири из Унифицированной схемы и схемы В. С. Зыкина

Источник: по [2; 3]

Fig. 1. Correlation of the Pliocene regional stratigraphic units in southern Western Siberia from the Unified scheme and V. S. Zykin's scheme

Source: from [2; 3]

с характерным видом-индексом *Promimomys antiquus* позволил коррелировать отложения с ранним русцинием и 14-й зоной млекопитающих неогена Европы, то есть с первой половиной раннего плиоцена. Осадки этого уровня соотносятся с палинозоной “*Abies — Picea — Betula* и водно-болотные растения” из последней Унифицированной схемы (рис. 1). Однако, рассматривая развитие растительности в плиоцене на юге Западной Сибири более подробно, В.С. Волкова обозначила палинофлору пешнёвской свиты как неизученную [5].

Таким образом, детальное изучение методом спорово-пыльцевого анализа с привязкой к имеющейся шкале по мелким млекопитающим приобретает важное значение и позволяет дополнить имеющиеся представления о стратиграфии, а также климатических условиях формирования геологических толщ региона.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований послужили пробы из трех новых разрезов плиоценовых отложений, имеющих фаунистическую характеристику: Ростовка, Половинка и Стрижево (рис. 2). Изучение этих разрезов и отбор образцов выполнены в ходе полевых работ на территории Омской области в 2023–2024 гг. сотрудниками Лаборатории стратиграфии четвертичного периода Геологического института Российской академии наук. Определение

микротериофауны проводилось А. С. Тесаковым, спор и пыльцы — А. В. Ивановой.

В 2015 г. в низовьях р. Омь, в 1,5 км от с. Андреевка (Омская область), было найдено новое местонахождение фауны мелких млекопитающих, получившее название Ростовка [7]. Разрез имеет видимую мощность около 8 м. Нижняя пачка представлена русловыми отложениями — серыми косослоистыми суглинками с прослоями светло-серого полимиктового, местами ожелезненного песка и гравия (2–3 м). Выше залегает пачка светло-коричневых косослоистых слюдистых алевролитистых песков с карбонатными включениями (4–5 м). Разрез венчают светло-коричневые лессовидные суглинки (1–1,5 м) и маломощная современная почва. Из прослоя косослоистых песков в нижней части, на глубине около 5 м от кровли разреза, получена фауна мелких позвоночных. Предварительный список млекопитающих включает: *Ochotona* sp., *Hypolagus peteniyi*, *Paranourosorex gigas*, *Desmaninae* gen., *Talpa* sp., *Deinsdorfia* sp., *Parasoriculus* sp., cf. *Sinotamias* sp., *Trogontherium* sp., *Myomimus* sp., *Muscardinus pliocaenicus*, *Eozapus* sp., *Sicista* sp., *Lophocricetus ultimus*, *Plioscirtopoda* cf. *rapida*, *Apodemus* sp., *Micromys* sp., *Prosiphneus* sp., *Cricetidae* gen., *Baranomys* cf. *longidens*, *Microtodon* sp., *Promimomys antiquus*, *Mustelidae* gen., *Mustela* cf. *pliocaenica*, *Carnivora* gen., *Ruminantia* gen. Также найдены остатки рептилий, амфибий, птиц и многочисленных рыб. На сегодня Ростовка является одним из самых представительных местонахождений мелких позвоночных раннего плиоцена на территории Сибири.



Рис. 2. Расположение изученных разрезов пешнёвской свиты в Омской области

a — обзорная карта; b — местоположение района исследования

Fig. 2. Geographic position of studied reference sections of the Peshnevo Formation in Omsk region

a — overview map; b — study area location

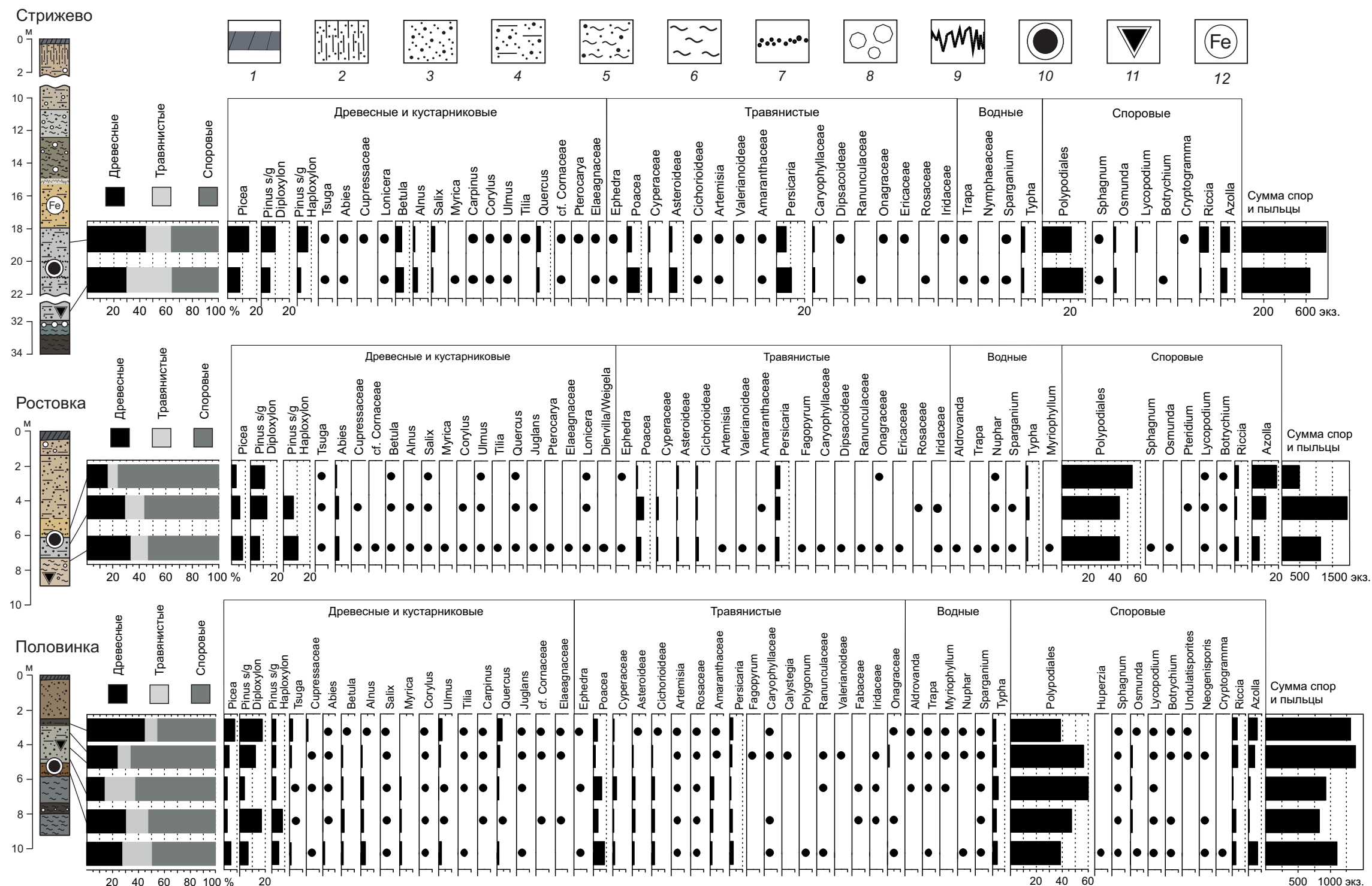


Рис. 3. Спорово-пыльцевые диаграммы отложений пешнёвской свиты из изученных разрезов с литологическими колонками

1 — почвенно-растительный слой; 2 — лессовидные супеси и суглинки; 3 — пески и супеси; 4 — глинистые алевроиты с прослоями песка; 5 — песчанистые глины и суглинки; 6 — глины; 7 — пески крупнозернистые; 8 — карбонатные конкреции и следы карбонизации; 9 — погребенные почвы; 10 — костные остатки; 11 — растительные остатки; 12 — следы ожелезнения

Fig. 3. Pollen diagrams of the Peshnevo Formation sediments from the studied sections with lithological logs

1 — topsoil; 2 — loess-like sandy loam and loam; 3 — sands and sandy loam; 4 — clay silt with sand interlayers; 5 — sandy clay and loam; 6 — clay; 7 — hard-grained sands; 8 — carbonate nodules and carbonatization; 9 — paleosols; 10 — bone bed; 11 — dead plant mass; 12 — ferruginization

Фаунистическая ассоциация с видом-индексом *Promimomys antiquus* относится к раннему русцинию и коррелирует с пешнёвским интервалом региональной стратиграфической схемы В.С. Зыкина [3].

Второй изученный разрез, Половинка, расположен на правом берегу р. Омь, в окрестностях одноименной деревни. Впервые это обнажение упомянуто в работе В.И. Громова, который изучил лишь его часть, сложенную четвертичными осадками [8]. Наши совместные полевые работы с А.А. Бондаревым позволили обнаружить в этой точке новое местонахождение фауны раннего русциния. Отложения берегового обрыва здесь сильно задернованы, их видимая мощность составляет 8–9 м. В расчистке удалось установить, что низы разреза сложены голубовато-серыми плотными глинами и суглинками (видимая мощность 1 м). Они перекрываются темно-коричневыми глинами и суглинками с рыхлыми карбонатными конкрециями (0,5–0,7 м). Далее прослеживаются серо-голубые плотные глины (1,0–1,5 м). На них с размывом залегают пестроцветные, преимущественно коричневые, глинистые пески и супеси с многочисленными костными остатками рыб и млекопитающих (до 0,5 м). Вверх по разрезу цвет песка меняется на голубовато-серый, глинистость уменьшается, становится заметнее слоистость, отмечены линзы растительного детрита (до 0,4 м). Выше следуют голубовато-серые слоистые супеси и суглинки (1,0–1,5 м). Затем происходит резкая смена, осадки переходят в рыжие супеси и пески (1,0–1,5 м). К настоящему времени среди фаунистических находок местонахождения можно отметить *Ochotona* sp., *Paranourosorex gigas*, *Desmaninae* gen., *Deinsdorfia* sp., *Sciuridae* gen., *Soriculini* gen., *Trogontherium* sp., *Myomimus* sp., *Sicista* sp., *Lophocricetus ultimus*, *Plioscirtopoda* cf. *rapida*, *Apodemus* sp., *Micromys* sp., *Prosiphneus* sp., *Cricetidae* gen., *Baranomys* cf. *longidens*, *Promimomys antiquus*. Состав фауны схож с ассоциацией из Ростовки, однако морфология коренных зубов полевки *Promimomys antiquus* имеет более архаичный эволюционный облик и указывает на несколько более ранний геологический возраст вмещающих отложений.

Многослойный разрез Стрижево, открытый в 2015 г., расположен в северной части Омской области, в большом овраге на правом берегу Иртыша, вблизи одноименного урочища [9]. Разрез имеет видимую мощность около 34 м и состоит из плотных серых и коричневых глин (1,5–2,0 м), которые с размывом перекрываются пачкой серых, в верхах рыжих, косослоистых тонкозернистых песков и алевритов с линзами растительного материала и остатками мелких млекопитающих (12–15 м); далее прослежены пачка зелено-коричневых глин с карбонатными конкрециями (3–4 м) и толща, сложенная серыми алевритами, чередующимися с прослоями ожелезненных рыжих алевритов, местами с карбонатными конкрециями и раковинами моллюсков, в ее верхней части наблюдаются криогенные деформации (1,0–1,5 м). Выше залегают коричневые суглинки и супеси с вертикальными отдельностями, также с криогенными деформациями (3,5–4,5 м). Разрез завершают светло-коричневые лессовидные карбонатизированные

супеси и суглинки со столбчатой отдельностью (3,5–4,5 м) и современная почва. По сравнению с предыдущими разрезами палеонтологический материал немногочислен. Тем не менее найденные коренные зубы полевки из верхней части мощной толщи серых песков и алевритов демонстрируют стадию гипсодонтности, сходную с *Promimomys antiquus*, что позволяет соотнести отложения с пешнёвской свитой.

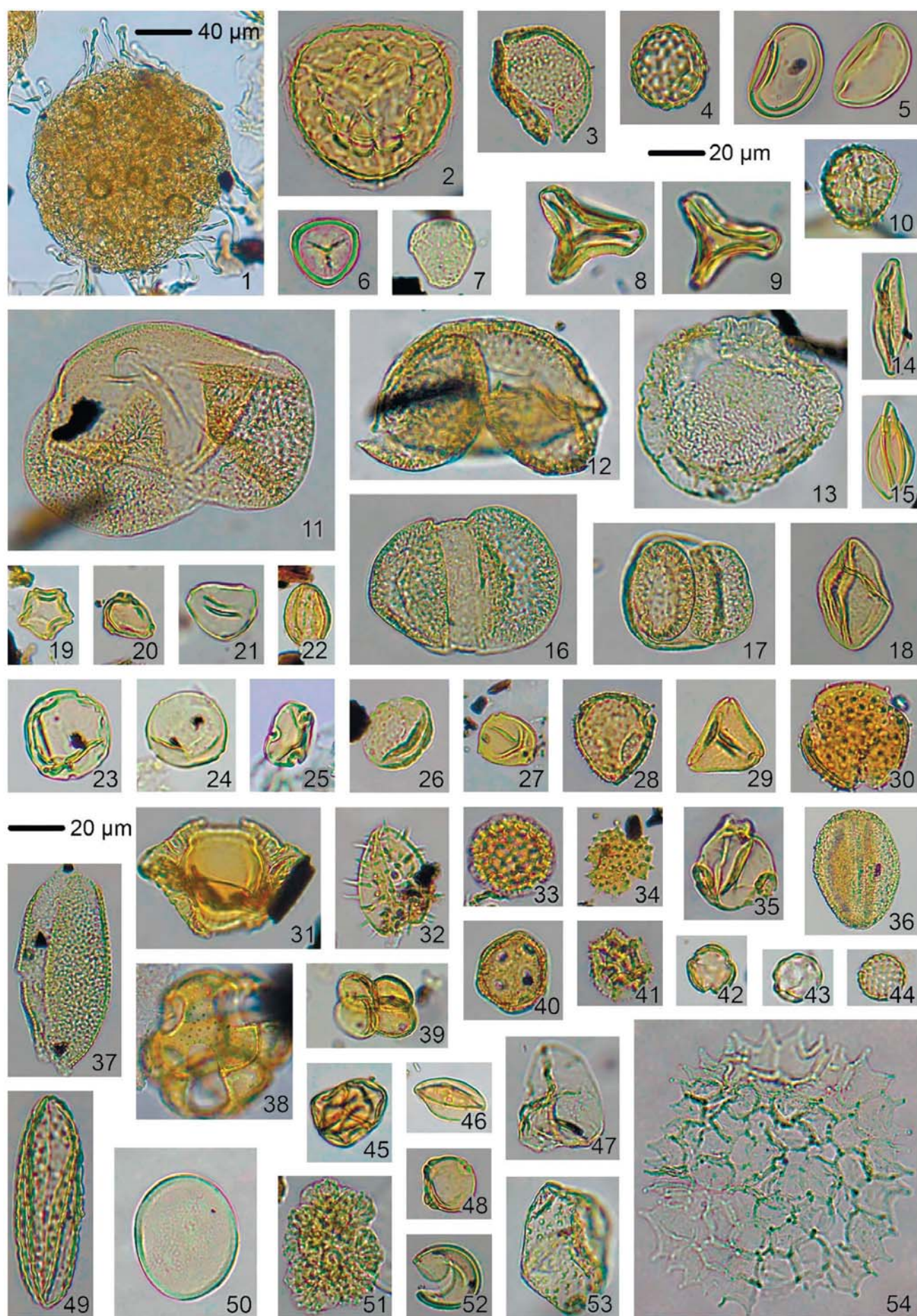
В описанных разрезах отбор палинологического материала производился из отложений, отнесенных по литологическим и палеонтологическим признакам к пешнёвской свите. Общее количество обработанных образцов составило 19 шт., из них только 10 шт. содержали релевантное число палиноморф. Химическая обработка проб для спорово-пыльцевого анализа проводилась по стандартной процедуре, принятой в Лаборатории четвертичной стратиграфии Геологического института Российской академии наук. Методика включала: 1) растворение карбонатов при обработке холодной HCl (10%); 2) удаление глинистых частиц водным раствором Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>; 3) экстракцию органики центрифугированием осадка с жидкостью с высоким содержанием кадмия (2,25 г/см<sup>3</sup>); 4) растворение кремнеземистых элементов водным раствором HF (70%); 5) размещение осадка на временных предметных стеклах в глицерине. Изучение палинологических препаратов и фотографирование производилось в оптическом микроскопе Saike Digital при рабочих увеличениях ×400 и ×600, для крупных фрагментов растительных остатков — ×200. Минимальное количество подсчитанных пыльцевых зерен составило 400–600 шт. Для оценки участия различных групп в палинологических спектрах за общую сумму (100%) были приняты древесные (деревья и кустарники), травянистые (травы, кустарнички, водные) и споровые. Доли отдельных таксонов рассчитаны из общей суммы определенных пыльцевых зерен. Обработка данных и построение спорово-пыльцевых диаграмм были произведены с использованием программного обеспечения TILIA версии 2.6.1 [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Диаграммы распространения палиноморф в изученных разрезах приведены на рис. 3 совместно с колонками изученных разрезов и точками пробоотбора. Отдельно представлены некоторые характерные элементы изученного комплекса (фототаблица).

### Половинка

Выделенный палинокомплекс соотносится с толщей пестроцветных глинистых песков и супесей, содержащей остатки мелких млекопитающих пешнёвского комплекса. Для него характерна высокая доля гладких монолетных спор папоротникообразных без периспория, что позволяет определять их лишь до уровня порядка *Polypodiales* (до 65%). Относительно часты споры печеночных мхов *Riccia* и фрагменты массул водных папоротников *Azolla*, единичны *Huperzia*, *Sphagnum*, *Osmunda*, *Cryptogramma*, *Botrychium*, *Lycopodium*; также отмечены



особенно характерные для неогеновых отложений *Neogenisporis* и *Undulatisporites*. Доля древесно-кустарниковой группы варьируется от 15 до 39%. Ее основу составляет пыльца голосеменных растений, принадлежащая в основном различным видам *Pinus* s/g *Diploxylon* и *Haploxylon* и *Picea* sect. *Eupicea* и *Omorica*, в меньшей степени — *Tsuga* (схожие с *Tsuga crispa* Zakl. и *T. canadensis* (L.) Carr.), *Abies* и *Cupressaceae*. На долю мелколиственных пород заметно участие *Quercus*, *Ulmus* и *Corylus*, реже — *Juglans*, *Carpinus*, *Tilia* (в сумме до 7%). Пыльца cf. *Cornaceae*, *Elaeagnaceae* и *Myrica* встречается в единичных экземплярах. Процент травянистых и кустарничковых колеблется от 10 до 23%: среди них доминирует пыльца *Poaceae*, *Asteraceae*, *Amaranthaceae* и *Persicaria*. Также отмечена немногочисленная пыльца *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Onagraceae*, *Iridaceae*, *Valerianoideae*, *Fagopyrum*, *Calystegia*, *Polygonum* и *Ephedra*. Для данного палинокомплекса характерно довольно заметное содержание водно-болотных трав, особенно пыльцы *Typha*; другие отмеченные представители — *Sparganium*, *Trapa*, *Nuphar*, *Aldrovanda*, *Myriophyllum*. Группа непыльцевых палиноморф представлена в первую очередь колониями зеленых водорослей *Pseudopediastrum* и *Botryococcus*. Несколько реже встречаются разнообразные зигоспоры, близкие к *Zygnematales*: *Diagonalites* и *Tetradites* (соотносятся с современным родом *Mougeotia*), *Ovoidites* (соответствует *Spirogyra*), а также таксоны неясного систематического положения (*Sigmatopollis*). Единично отмечены цисты *Chomotriletes* s. l., близкие водорослям *Euglenophyceae* [11]. Стоит отметить, что все пробы крайне насыщены остатками различных

растительных тканей и микроугольками. Единично фиксируются переотложенные, предположительно палеогеновые или миоценовые, пыльцевые зерна хорошей сохранности, но окрашенные более интенсивно, чем основной материал, составляющий спектр.

### Ростовка

Палинокомплекс выявлен из нижней пачки разреза, включающей костеносный горизонт. Как и в Половинке, в пробах доминируют споровые, которые составляют в верхах толщи до 76% от общей суммы пыльцы и спор. Кроме папоротникообразных *Polypodiales*, достаточно часто присутствуют споры *Riccia*, а также различные фрагменты водных папоротников *Azolla* (части мегаспор, целые и фрагментированные массулы с микроспорами и многочисленными глоспоридами); несколько реже встречаются *Sphagnum*, *Lycopodium*, *Osmunda*, *Botrychium*. Древесно-кустарниковая группа составляет от 16 до 33% и в основном представлена хвойными — *Pinus* s/g *Haploxylon* и *Diploxylon*, *Picea* sect. *Eupicea* и *Omorica*, *Abies*, *Tsuga* (три типа — *Tsuga crispa* Zakl., *Tsuga aculeata* Anan., *Tsuga piccolo* type), *Cupressaceae*. Реже встречается пыльца широколиственных (*Quercus*, *Ulmus*, *Juglans*, *Pterocarya*, *Tilia*), мелколиственных (*Betula*, *Alnus*, *Salix*) и других представителей группы (*Lonicera*, *Diervilla*/*Weigela*, *Elaeagnaceae*, *Myrica*, cf. *Cornaceae*). Травянисто-кустарничковый ярус (8–15%) преимущественно представлен *Persicaria*, *Poaceae* и *Asteraceae*, но также включает *Cyperaceae*, *Caryophyllaceae*, *Amaranthaceae*, *Ericaceae*, *Onagraceae*, *Ranunculaceae*, *Iridaceae*, *Valerianoideae*, *Dipsacaceae*, единично — *Fagopyrum*, *Artemisia* и *Ephedra*; в том числе прибрежно-водные элементы (*Nuphar*, *Myriophyllum*, *Typha*, *Trapa*,

### Спорово-пыльцевой комплекс пешнёвской свиты. Увеличение массулы *Azolla* ×200, всех остальных форм ×400

Фиг. 1 — *Azolla* sp.; фиг. 2 — *Riccia* sp.; фиг. 3 — *Osmunda* sp.; фиг. 4 — *Botrychium* sp.; фиг. 5 — *Polypodiales*; фиг. 6 — *Sphagnum* sp.; фиг. 7 — *Huperzia* sp.; фиг. 8, 9 — *Neogenisporis* sp. (*Gleicheniaceae*); фиг. 10 — *Lycopodium* sp.; фиг. 11 — *Picea* sect. *Omorica* Willk.; фиг. 12 — *Abies* sp.; фиг. 13 — *Tsuga* sp.; фиг. 14 — *Ephedra* sp.; фиг. 15 — *Cupressaceae*; фиг. 16 — *Pinus* s/g *Haploxylon* (Koehne) Pilger; фиг. 17 — *Pinus* s/g *Diploxylon* (Koehne) Pilger; фиг. 18 — cf. *Cornaceae*; фиг. 19 — *Alnus* sp.; фиг. 20 — *Betula* sect. *Albae* Regel; фиг. 21 — *Corylus* sp.; фиг. 22 — *Quercus* sp.; фиг. 23 — *Juglans* sp.; фиг. 24 — *Carpinus* sp.; фиг. 25 — *Tilia* sp.; фиг. 26 — *Ulmus* sp.; фиг. 27 — *Myrica* sp.; фиг. 28 — *Lonicera* sp.; фиг. 29 — *Elaeagnaceae*; фиг. 30 — *Valerianoideae*; фиг. 31 — *Trapa* sp.; фиг. 32 — *Nuphar* sp.; фиг. 33 — *Persicaria* sp.; фиг. 34 — *Asteraceae* *Asterioideae*; фиг. 35 — *Onagraceae*; фиг. 36 — *Fagopyrum* sp.; фиг. 37 — *Iridaceae*; фиг. 38 — *Aldrovanda* sp.; фиг. 39 — *Typha* sp.; фиг. 40 — *Caryophyllaceae*; фиг. 41 — *Asteraceae*: *Cichorioideae*; фиг. 42 — *Artemisia* sp.; фиг. 43 — *Ranunculaceae* (*Thalictrum* sp.); фиг. 44 — *Amaranthaceae*; фиг. 45 — *Ericaceae*; фиг. 46 — *Poaceae*; фиг. 47 — *Cyperaceae*; фиг. 48 — *Myriophyllum* sp.; фиг. 49 — *Ovoidites sibirica* Merk. sp. nov. (*Spirogyra* sp.); фиг. 50 — *Diagonalites diagonalis* Krutzsch et Pacltová (*Mougeotia* sp.); фиг. 51 — *Botryococcus braunii* Kützing; фиг. 52 — *Sigmatopollis laevigatoides* Krutzsch et Pacltová; фиг. 53 — *Stigmozygodites multistigmus* (Potonié) Krutzsch et Pacltová (*Zygnema* sp.); фиг. 54 — *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) Hegewald

### The Peshnevo Formation pollen assemblage. Magnification of the *Azolla* massula ×200, all other grains ×400

Fig. 1 — *Azolla* sp.; fig. 2 — *Riccia* sp.; fig. 3 — *Osmunda* sp.; fig. 4 — *Botrychium* sp.; fig. 5 — *Polypodiales*; fig. 6 — *Sphagnum* sp.; fig. 7 — *Huperzia* sp.; figs. 8, 9 — *Neogenisporis* sp. (*Gleicheniaceae*); fig. 10 — *Lycopodium* sp.; fig. 11 — *Picea* sect. *Omorica* Willk.; fig. 12 — *Abies* sp.; fig. 13 — *Tsuga* sp.; fig. 14 — *Ephedra* sp.; fig. 15 — *Cupressaceae*; fig. 16 — *Pinus* s/g *Haploxylon* (Koehne) Pilger; fig. 17 — *Pinus* s/g *Diploxylon* (Koehne) Pilger; fig. 18 — cf. *Cornaceae*; fig. 19 — *Alnus* sp.; fig. 20 — *Betula* sect. *Albae* Regel; fig. 21 — *Corylus* sp.; fig. 22 — *Quercus* sp.; fig. 23 — *Juglans* sp.; fig. 24 — *Carpinus* sp.; fig. 25 — *Tilia* sp.; fig. 26 — *Ulmus* sp.; fig. 27 — *Myrica* sp.; fig. 28 — *Lonicera* sp.; fig. 29 — *Elaeagnaceae*; fig. 30 — *Valerianoideae*; fig. 31 — *Trapa* sp.; fig. 32 — *Nuphar* sp.; fig. 33 — *Persicaria* sp.; fig. 34 — *Asteraceae* *Asterioideae*; fig. 35 — *Onagraceae*; fig. 36 — *Fagopyrum* sp.; fig. 37 — *Iridaceae*; fig. 38 — *Aldrovanda* sp.; fig. 39 — *Typha* sp.; fig. 40 — *Caryophyllaceae*; fig. 41 — *Asteraceae*: *Cichorioideae*; fig. 42 — *Artemisia* sp.; fig. 43 — *Ranunculaceae* (*Thalictrum* sp.); fig. 44 — *Amaranthaceae*; fig. 45 — *Ericaceae*; fig. 46 — *Poaceae*; fig. 47 — *Cyperaceae*; fig. 48 — *Myriophyllum* sp.; fig. 49 — *Ovoidites sibirica* Merk. sp. nov. (*Spirogyra* sp.); fig. 50 — *Diagonalites diagonalis* Krutzsch et Pacltová (*Mougeotia* sp.); fig. 51 — *Botryococcus braunii* Kützing; fig. 52 — *Sigmatopollis laevigatoides* Krutzsch et Pacltová; fig. 53 — *Stigmozygodites multistigmus* (Potonié) Krutzsch et Pacltová (*Zygnema* sp.); fig. 54 — *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) Hegewald

*Sparganium*, *Aldrovanda*). Среди микрофитопланктона ведущую роль играют вариации *Pseudopediastrum* и *Botryococcus*, в качестве субдоминантов выступают *Sigmopollis*, *Ovoidites* и *Diagonalites*. Очень часто отмечаются фрагменты лестничных перфорационных пластинок сосудов ксилемы и другие элементы растительных тканей.

### Стрижево

Выделенный палинокомплекс соотносится с мощной толщей серых косослойчатых песков, включающей линзы алевроитов с растительным детритом и немногочисленными остатками мелких млекопитающих. Споровые растения все также заметно представлены в спектрах, но их число снижается по сравнению с пробами из Половинки и Ростовки (35–36 %). Внутри группы сохраняют доминирующую роль однолучевые споры с гладкой скульптурой *Polypodiales*, второстепенную — *Riccia*, *Azolla*, *Osmunda*; единично отмечены споры *Sphagnum*, *Botrychium*, *Cryptogramma*, *Lycopodium*. В древесно-кустарниковой группе (30–45 %) примерно равную роль играет пыльца различных видов *Picea* и *Pinus*. Другие голосеменные — *Abies*, *Tsuga* (представленная *Tsuga aculeata* Anan., *T. canadensis* (L.) Carr.), *Cupressaceae* — отмечены значительно реже. Группа широколиственных составляет до 5 % спектра и состоит из *Quercus*, *Corylus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Pterocarya*, *Tilia*. В незначительном количестве встречаются *Myrica*, cf. *Cornaceae*, *Caprifoliaceae*, *Elaeagnaceae*. Среди мелколиственных преобладает пыльца *Betula* (до 5 %), меньше *Alnus* (3 %) и *Salix* (2 %). На травянистую и кустарничковую растительность приходится от 19 до 35 % от общего числа палиноморф, в основном она представлена *Persicaria* (до 10 %), *Asteraceae*, *Roaceae*, *Cyperaceae* и значительно реже — *Amaranthaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Onagraceae*, *Ericaceae*, *Rosaceae*, *Iridaceae*, *Valerianoideae*, *Dipsacoidae*, *Ephedra*. Среди прибрежно-водных элементов отмечены *Typha*, *Sparganium*, *Trapa*, *Nymphaeaceae*. Непыльцевые палиноморфы представлены схожим комплексом пресноводных водорослей (доминируют *Pseudopediastrum*, *Diagonalites* и *Sigmopollis*), а также частыми и разнообразными фрагментами растительных тканей.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный палинологический анализ, подкрепленный палеонтологическими данными, позволил уточнить флористический облик юга Западной Сибири в первой половине раннего плиоцена. Особого внимания заслуживает роль папоротникообразных, которые составляют более половины материала в изученных палиносpectрах. В настоящее время папоротники экологически приурочены к нижнему ярусу, где они доминируют во влажных, слабоосвещенных и часто бедных питательными веществами обстановках [12]. Благодаря быстрому распространению спор ветром и размножению с помощью гаметофитов, они обладают высокой адаптивной способностью к колонизации новых сред, особенно

сильно нарушенных или первичных сукцессионных ландшафтов. В поверхностных спорово-пыльцевых спектрах Южной Сибири схожее обилие спор папоротникообразных приурочено к горному поясу хвойных и смешанных лесов [13]. Исходя из этого, одной из причин столь большого количества спор (вместе с пыльцой голосеменных) может быть дальний перенос текучими водами из более южных горных районов. Тем не менее более вероятным представляется предположение, что высокая концентрация споровых в описанных палинокомплексах указывает на активное заселение этой группой на начальных этапах как прибрежных участков локальных водоемов, так и их водной поверхности, учитывая многочисленность водных папоротников и печеночных мхов. Именно подобное объяснение приводит к относительно значительной роли споровых в отложениях таволжанской и ишимской свит позднего миоцена [14; 15]. В целом многочисленность папоротниковых можно считать индикатором увлажнения климата. Древесная растительность в первую очередь представлена пыльцой хвойных. Широколиственные, включающие дуб, вяз, липу, лещину, граб, орех, играют второстепенную роль, однако, учитывая малую летучесть их пыльцевых зерен, можно предполагать как минимум локальную представленность этих пород на изучаемой территории. На пыльцу мелколиственных деревьев (береза, ольха и ива) суммарно приходится не более 9 %, что разительно отличает палинокомплексы пешнёвского уровня от комплексов из миоценовых отложений бещеульской и таволжанской свит [5]. Совокупность представленных данных позволяет предполагать развитие приуроченных к долинам рек и берегам водоемов смешанных хвойно-широколиственных лесов с участием мелколиственных пород. В палинокомплексах пешнёвского уровня разнообразно представлена пыльца травянисто-кустарничковых и водных растений. В спектрах всех трех разрезов заметную роль играет пыльца злаковых и гречишных рода *Persicaria*, предпочитающих увлажненные местообитания. Второстепенное значение имеют характерные для более сухих обстановок островные и амарантовые. Обилие пыльцы гидрофитов (в первую очередь рогоза) дополнительно подтверждает формирование осадков в относительной близости к береговой линии водоема, а наличие кувшинок, водного ореха, альдрованды, урути и др. позволяет охарактеризовать этот водоем как неглубокий слабопроточный или стоячий. Значительная доля пыльцы травянистых, особенно прибрежно-водных растений, свидетельствует о развитии пониженных равнин с сырыми лугами, травянистыми болотами и водоемами. Ассоциация микрофитопланктона предполагает формирование осадков в неглубоких пресноводных мезотрофных водоемах. Данные по палинологии хорошо согласуются с материалами по мелким млекопитающим. Микротириофауны Ростовки и Половинки позволяют реконструировать присутствие закрытых местообитаний лесного типа (лесные мыши, орешниковые сони, прыгунчики, бурундукоподобные белки и др.) и околородных стаций (выхухолы, бобры-трогонтерии). О значительной

мезофильности ассоциации говорит обилие и разнообразие землероек, связанных, по-видимому, с лесной подстилкой. Доминирующие в фауне брахиодонтные полевки и пищухи, а также лофокрицетусы и мыши-малютки, предположительно, были связаны с мозаичными лесо-луговыми местообитаниями. На присутствие на плакорах более степных ландшафтов может указывать наличие в изученных ассоциациях остатков хомяков и тушканчиков рода *плиосциртопода*.

Стратиграфия плиоценовых отложений юга Западной Сибири до сих пор носит дискуссионный характер. Большинство свит, фигурирующих в последней Унифицированной схеме, не имеют или имеют крайне слабую обоснованность их стратотипов. Это утверждение также справедливо для выделенных спорово-пыльцевых зон: не приводятся стратотипы и их подробные описания [2]. Неувязка данных и отсутствие единой точки зрения наблюдаются и в отношении пешнёвских отложений. Приводя краткую флористическую информацию по региональным стратиграфическим подразделениям схемы В.С. Зыкина, В.С. Волкова обозначила флору непосредственно пешнёвской свиты как неизученную [5; 16]. Однако, по представлению автора указанной схемы, именно отложения этого уровня были ею изучены еще в 1980-х гг. в известном разрезе Андреевка-1, в береговом обрыве правого склона долины Оми, в 20 км выше устья реки. В данном обнажении пешнёвская свита представлена серыми полимиктовыми слюдистыми глинистыми песками с линзами растительной трухи и остатками мелких млекопитающих, приуроченными к базальному горизонту. Из растительной трухи нижней части толщи Г.А. Балуевой и В.П. Никитиным был получен представительный комплекс макроостатков растений, названный «андреевским» [17]. По представлению авторов, состав карпофлоры свидетельствует о распространении степных, участками лесостепных формаций с редкими хвойными деревьями по долинам рек. Сама толща осадков соотнесена с нижеилыинскими слоями павлодарской свиты [18]. Эта стратиграфическая привязка в дальнейшем оспорена на основе изучения комплекса мелких млекопитающих из той же толщи [19]. Палинофлора из данной части разреза, названная В.С. Волковой «сперановской», содержит следующие древесные породы (без указания %): *Picea omorica*, *Pinus* cf. *silvestris*, *P. sibiriciformis*, *Betula*, *Alnus*, *Salix*, *Carpinus*, *Ulmus*. Характерной особенностью указана большая доля участия трав и кустарничков, принадлежащих злаковым и разнотравью. Из споровых отмечены *Bryales*, *Polypodiaceae*, *Selaginella*. По мнению автора, сочетание родов и видов отражает развитие лесостепей, схожих с причерноморскими [20]. В более поздних публикациях эта же флора именуется уже «нижнеандреевской» и описывается как отличающаяся малым участием древесных пород, среди них отмечены только представители семейств *Pinaceae*, *Betulaceae* и в малых количествах *Vitis*. Отдельно подчеркивается отсутствие пыльцы ореховых. Количество спор оценивается как небольшое, что позволяет авторам сделать предположение о незначительной

роли этой группы в ландшафтах [21]. В целом климат эпохи оценивается как близкий к семиаридному [22; 23]. В обобщающей работе 2002 г. описание палинофлоры вновь видоизменяется: в списке таксонов указывается больше широколиственных, в том числе *Quercus* и *Tilia*. Впервые приводятся процентные данные: травянисто-кустарничковые составляют до 60 %, на долю древесных приходится 16–29 % [5]. Сперанскую или нижнеандреевскую флору В.С. Волкова соотносила с низами новостаничной свиты, что противоречит современными палеонтологическим исследованиям [3]. Развернутое сравнение палинологических данных осложняется отсутствием в работах В.С. Волковой спорово-пыльцевых диаграмм, а также полных списков встреченных таксонов и их процентного содержания. Возможно, в приведенных выше описаниях также происходит смешение данных палинологических и карпологических анализов, так как информация о *Vitis*, а точнее представителе семейства *Vitaceae* (не определимом до рода), фигурирует только в карпологических сборах из той же толщи в низах разреза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в регионе проведено детальное палинологическое изучение отложений пешнёвской свиты раннего плиоцена, непосредственно контролируемое фауной мелких позвоночных, особенно мелких млекопитающих. Приведенные нами результаты спорово-пыльцевого анализа свидетельствуют о развитии в пешнёвское время преимущественно лесостепных обстановок в Омском Прииртышье. Пыльца древесных пород составляет до 45 %, что указывает на существование в пределах территории локальных лесных группировок с участием как хвойных, так и широколиственных пород. Новые палинологические данные позволяют пересмотреть противоречивые результаты предыдущих исследований по региону, которые иногда не были должным образом задокументированы и плохо соотносились с геологической историей территории. Заполнение пробелов в стратиграфической последовательности плиоцена юга Западной Сибири и синтез биостратиграфических данных позволит детализировать представления о сложной биоклиматической истории этой области.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Казьмина Т.А. Стратиграфия и остракоды плиоцена и раннего плейстоцена юга Западно-Сибирской равнины / отв. ред. В.А. Николаев. Новосибирск : Наука, 1975. 107 с.
2. Унифицированные региональные стратиграфические схемы палеогеновых и неогеновых отложений Западно-Сибирской равнины. Объяснительная записка и схема. Новосибирск : СНИИГГиМС, 2001. 84 с.
3. Зыкин В.С. Стратиграфия и эволюция природной среды и климата в позднем кайнозое юга Западной Сибири / науч. ред. М.И. Кузьмин. Новосибирск : Гео, 2012. 487 с.
4. Зажигин В.С., Зыкин В.С. Новые данные по стратиграфии плиоцена юга Западно-Сибирской равнины // Стратиграфия пограничных отложений неогена и антропогена

Сибири / отв. ред. С. А. Архипов. Новосибирск : ИГиГ, 1984. С. 29–53.

5. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кайнозой Западной Сибири / В. С. Волкова [и др.]; ред. В. С. Волкова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2002. 247 с.

6. Hilgen F. J., Lourens L. J., Van Dam J. A. The Neogene period // *The Geologic Time Scale 2012* / Eds. F. M. Gradstein [et al.]. Amsterdam : Elsevier, 2012. P. 923–978. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59425-9.00029-9>.

7. Бондарев А. А., Дорогов А. Л., Тесаков А. С. Ростовка — новое местонахождение позвоночных раннего плиоцена Западной Сибири // Современная палеонтология: классические и новейшие методы : тез. докл. Тринадцатой всерос. науч. шк. молодых ученых-палеонтологов, Москва, 10–12 окт. 2016 г. Москва : Палеонтол. ин-т им. А. А. Борова РАН, 2016. С. 7–8.

8. Громов В. И. Материалы по геологии Омско-Барабинского района // Труды Института геологических наук. Вып. 28. Геол. сер. (№ 8). М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1940. С. 1–47.

9. Бондарев А. А., Тесаков А. С., Дорогов А. Л. Новые находки четвертичных млекопитающих из окрестностей г. Омска (Западная Сибирь, Россия) // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : материалы X всерос. совещ. по изучению четвертичного периода, Москва, 25–29 сент. 2017 г. М. : ГЕОС, 2017. С. 56–57.

10. Grimm E. C. TILIA and TILIA-GRAPH: PC spreadsheet and graphics software for pollen data // *INQUA — Commission for the Study of the Holocene. Working Group on Data-Handling Methods Newsletter*. 1990. No. 4. P. 5–7.

11. Recognition of an extended record of euglenoid cysts: Implications for the end-Triassic mass extinction / B. van de Schootbrugge [et al.] // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2024. Vol. 322. P. 105043. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2023.105043>.

12. Fern ecology / Eds. K. Mehlreter, L. R. Walker, J. M. Sharpe. Cambridge : Cambridge Univ. Press, 2010. 444 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511844898>.

13. Бляхарчук Т. А., Масленникова А. В. Споры папоротников в поверхностных спорово-пыльцевых спектрах гор Южной Сибири (Алтай, Тува, Хакасия) // Труды Первой рос. птеридол. конф. и шк.-семинара по птеридологии, Томск, Барнаул, 20–30 авг. 2007 г. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2007. С. 123–128.

14. Меркулова К. А. Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения верхнеолигоценовых и миоценовых отложений Обь-Иртышского междуречья : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Новосибирск, 1970. 24 с.

15. Палинологический профиль и обстановки осадконакопления Ишимской свиты (верхний миоцен) в Тобол-Ишимском междуречье, Западная Сибирь / О. Б. Кузьмина [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2019. Т. 27, № 6. С. 103–123. <https://doi.org/10.31857/S0869-592X276103-123>.

16. Волкова В. С. Анализ флоры и климатов на рубежах раннего-позднего плиоцена и эоплейстоцена Западной Сибири // Геология и геофизика. 1998. Т. 39, № 5. С. 585–597.

17. Балуева Г. А., Никитин В. П. Сорок лет палеокарпологической службы в Новосибирске // Палеокарпологические исследования кайнозоя / ред. Ф. Ю. Великевич. Минск : Наука и техника, 1982. С. 93–103.

18. Мартынов В. А., Никитин В. П. К стратиграфии неогеновых отложений южной части Западно-Сибирской низменности // Геология и геофизика. 1968. Т. 9, № 12. С. 3–15.

19. Зыкин В. С., Зажигин В. С., Казанский А. Ю. К стратиграфии плиоцена и нижнего плейстоцена Омского Прииртышья // Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода : тез. докл., Москва, 6–11 июня 1994 г. М. : ГИН РАН, 1994. С. 99.

20. Волкова В. С. Палинофлоры плиоцена и раннего плейстоцена Западной Сибири в связи с решением проблемы нижней границы антропогена // Стратиграфия

пограничных отложений неогена и антропогена Сибири / отв. ред. С. А. Архипов. Новосибирск : ИГиГ, 1984. С. 54–71.

21. Волкова В. С., Кулькова И. А. Изменение состава палинофлоры Сибири в позднем кайнозое // Среда и жизнь на рубежах эпох кайнозоя в Сибири и на Дальнем Востоке / отв. ред. С. Б. Шацкий. Новосибирск : Наука, 1984. С. 54–63.

22. Волкова В. С., Кулькова И. А. Климаты позднего олигоцена и неогена (по палеоботаническим данным) // Климаты Земли в геологическом прошлом / отв. ред. А. А. Величко, А. Л. Чепалыга. М. : Наука, 1987. С. 154–165.

23. Волкова В. С., Кулькова И. А. Количественная оценка некоторых элементов климата позднего олигоцена и неогена Сибири // Палинология в СССР : ст. сов. палинологов к VII междунар. палинол. конгр., Брисбен, Австралия, 1988. Новосибирск : Наука, 1988. С. 31–36.

## REFERENCES

1. Kazmina T. A. Stratigraphy and ostracods of the Pliocene and Early Pleistocene in the southern West Siberian Plain. Novosibirsk: Nauka; 1975. 107 p. (In Russ.).

2. Unified regional stratigraphic schemes for the Paleogene and Neogene deposits in the West Siberian Plain. Explanatory note and scheme. Novosibirsk: SNIIGGIMS; 2001. 84 p. (In Russ.).

3. Zykina V. S. Stratigraphy and evolution of environments and climate during late cenozoic in the southern West Siberia. Novosibirsk: Geo; 2012. 487 p. (In Russ.).

4. Zazhigin V. S., Zykina V. S. New data on the Pliocene stratigraphy of the southern West Siberian Plain. *Stratigraphy of boundary deposits in the Siberian Neogene and Anthropogene* / Publ. Ed. S. A. Arkhipov. Novosibirsk: IGG; 1984. P. 29–53. (In Russ.).

5. Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Cenozoic of Western Siberia / V. S. Volkova [et al.]; Ed. V. S. Volkova. Novosibirsk: Publ. House of SB RAS, Department “GEO”; 2002. 247 p. (In Russ.).

6. Hilgen F. J., Lourens L. J., Van Dam J. A. The Neogene period. *The Geologic Time Scale 2012* / Eds. F. M. Gradstein [et al.]. Amsterdam : Elsevier; 2012. P. 923–978. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59425-9.00029-9>.

7. Bondarev A. A., Dorogov A. L., Tesakov A. S. Rostovka as a new location of the Early Pliocene vertebrates in Western Siberia. *Modern Paleontology: Classical and Newest Methods: Abstr. of the Thirteenth All-Russ. Sci. School for Young Scientists in Paleontology*, Moscow, 10–12 Oct. 2016. Moscow: Borissiak Paleontol. Inst. of the Russ. Acad. of Sci.; 2016. P. 7–8. (In Russ.).

8. Gromov V. I. On the geology of Omsk-Barabinsk region. *Proc. of the Institute of Geological Sciences*. Vol. 28. Geol. ser. (no. 8). Moscow: USSR Acad. of Sci. Publ. House; 1940. P. 1–47. (In Russ.).

9. Bondarev A. A., Tesakov A. S., Dorogov A. L. New records of Quaternary mammals in the Omsk area (West Siberia, Russia). *Fundamental Problems of the Quarter: Research Findings and Further Studies: Proc. of the X All-Russ. Meeting on the Quaternary Research*, Moscow, 25–29 Sept. 2017. Moscow: GEOS; 2017. P. 56–57. (In Russ.).

10. Grimm E. C. TILIA and TILIA-GRAPH: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. *INQUA — Commission for the Study of the Holocene. Working Group on Data-Handling Methods Newsletter*. 1990; (4): 5–7.

11. Recognition of an extended record of euglenoid cysts: Implications for the end-Triassic mass extinction / B. van de Schootbrugge [et al.]. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2024; 322: 105043. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2023.105043>.

12. Fern ecology / Eds. K. Mehlreter, L. R. Walker, J. M. Sharpe. Cambridge: Cambridge Univ. Press; 2010. 444 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511844898>.

13. Blyakharchuk T. A., Maslennikova A. V. Fern spores in surface pollen spectra of South Siberian mountains (Altai, Tuva, Khakassia). *Proc. of the First Russ. Pteridological Conf. and Workshop on Pteridology*, Tomsk, Barnaul, 20–30 Aug. 2007. Tomsk: Tomsk Univ. Publ. House; 2007. P. 123–128. (In Russ.).

14. Merkulova K. A. Palynological rationale of stratigraphic subdivision of the Upper Oligocene and Miocene sediments in the Ob and Irtysh interfluvium: Abstr. of PhD diss. (Geology and Mineralogy). Novosibirsk; 1970. 24 p. (In Russ.).

15. Palynological profile and depositional environment of the Ishim formation (upper Miocene) in Tobol-Ishim interfluvium, Western Siberia / O. B. Kuzmina [et al.]. *Stratigr. Geol. Correl.* 2019; 27 (6): 707–727. <https://doi.org/10.1134/S0869593819060042>.

16. Volkova V. S. Analysis of flora and climate in West Siberia at the Early-Late Pliocene and Pliocene-Eopleistocene borders. *Russ. Geol. Geophys.* 1998; 39 (5): 585–597. (In Russ.).

17. Balueva G. A., Nikitin V. P. Forty years of the Paleocarpological Service in Novosibirsk. *Paleocarpological Studies of the Cenozoic* / Ed. F. Yu. Velikevich. Minsk: Science and Technology; 1982. P. 93–103. (In Russ.).

18. Martynov V. A., Nikitin V. P. On stratigraphy of the Neogene sediments of southern part of the West Siberian lowland. *Russ. Geol. Geophys.* 1968; 9 (12): 3–15. (In Russ.).

19. Zykin V. S., Zazhigin V. S., Kazansky A. Yu. To the stratigraphy of the Pliocene and Lower Pleistocene of the Omsk

Irtysh River region. *All-Russ. Meeting on Quaternary Research: Conf. Abstr.*, Moscow, 6–11 June 1994. Moscow: GIN RAS; 1994. P. 99. (In Russ.).

20. Volkova V. S. Pliocene and Early Pleistocene palynoflora in Western Siberia to solve the Anthropogene lower boundary problem. *Stratigraphy of boundary deposits in the Siberian Neogene and Anthropocene* / Publ. Ed. S. A. Arkhipov. Novosibirsk: IGIG; 1984. P. 54–71. (In Russ.).

21. Volkova V. S., Kulkova I. A. Change of Siberian palynoflora composition in late Cenozoic. *Environment and life at the boundaries of Cenozoic epochs in Siberia and Far East* / Publ. Ed. S. B. Shatsky. Novosibirsk: Nauka; 1984. P. 54–63. (In Russ.).

22. Volkova V. S., Kulkova I. A. Climates of the Late Oligocene and Neogene (based on paleobotanical data). *Earth's climates in the geologic past* / Publ. Ed. A. A. Velichko, A. L. Chepalyga. Moscow: Nauka; 1987. P. 154–165. (In Russ.).

23. Volkova V. S., Kulkova I. A. Quantitative assessment of some Late Oligocene and Neogene climate elements in Siberia. *Palynology in the USSR: Sov. palynologists' articles for the VII Intern. Palynological Congr.*, Brisbane, Australia, 1988. Novosibirsk: Nauka; 1988. P. 31–36. (In Russ.).

---

## Александра Витальевна Иванова

Младший научный сотрудник

Геологический институт Российской академии наук,  
Москва, Россия

<https://orcid.org/0009-0008-7394-6629>

ResearcherID OKR-7504-2025

SPIN-код РИНЦ 9213-1142

[alexandra.ivanova@ginras.ru](mailto:alexandra.ivanova@ginras.ru)

## Aleksandra V. Ivanova

Junior Researcher

Geological Institute RAS, Research Organization  
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<https://orcid.org/0009-0008-7394-6629>

ResearcherID OKR-7504-2025

RSCI SPIN-code 9213-1142

[alexandra.ivanova@ginras.ru](mailto:alexandra.ivanova@ginras.ru)

## Алексей Сергеевич Тесаков

Доктор геолого-минералогических наук,  
ведущий научный сотрудник

Геологический институт Российской академии наук,  
Москва, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-8616-2291>

Scopus Author ID 6602224473

ResearcherID K-2299-2018

SPIN-код РИНЦ 4241-4868

[tesak@ginras.ru](mailto:tesak@ginras.ru)

## Alexey S. Tesakov

DSc (Geology and Mineralogy),  
Leading Researcher

Geological Institute RAS, Research Organization  
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-8616-2291>

Scopus Author ID 6602224473

ResearcherID K-2299-2018

RSCI SPIN-code 4241-4868

[tesak@ginras.ru](mailto:tesak@ginras.ru)

---

**Вклад авторов:** Иванова А. В. — концепция исследования, сбор и подготовка данных, написание исходного текста, организация работ по проекту, итоговые выводы.

Тесаков А. С. — научное руководство, подготовка дополнительных материалов, доработка и редактирование текста.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** Ivanova A. V. — research concept, data collection and preparation, project work organization, writing the draft, final conclusions.

Tesakov A. S. — research supervision, preparing supplementary data, follow-on revision and editing.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.06.2025

Одобрена после рецензирования 06.10.2025

Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 19.06.2025

Approved after reviewing 06.10.2025

Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 551.336"628.62"(470.21)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_40-56

**Оледенения Ловозёрских тундр  
(Кольский полуостров)  
в позднем неоплейстоцене****Л. Р. Семенова**✉Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,  
[ljudmilasemenova@mail.ru](mailto:ljudmilasemenova@mail.ru)✉**Ключевые слова:** покровные Скандинавские ледники, горные ледники, морены, флювиогляциальные отложения, циклы похолоданий–потеплений, палинологические определения**Благодарности:** исследование выполнено в рамках объекта «Составление и подготовка к изданию Госгеолкарты-200/2 листов Q-36-V, VI (Ловозёрская площадь)». Автор благодарит коллег Л. В. Вороняеву, Е. С. Носевич, О. А. Долгую за помощь в подборе фактического материала, оформлении и редактировании статьи. Автор выражает благодарность рецензенту за анализ статьи и рекомендации по повышению ее качества.**Для цитирования:** Семенова Л. Р. Оледенения Ловозёрских тундр (Кольский полуостров) в позднем неоплейстоцене // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 40–56. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_40-56](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_40-56)

Original article

UDC 551.336"628.62"(470.21)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_40-56

**Keywords:** *Scandinavian ice sheets, mountain glaciers, moraines, fluvioglacial deposits, cooling-warming cycles, palynological determinations***Acknowledgments:** the study is aligned with the state project "Compilation and editing of the State Geological Map, scale of 1:200,000 (second generation), sheets Q-36-V, VI (Lovozero area)". The author thanks her colleagues L. V. Voronyayeva, E. S. Nosevich, and O. A. Dolgaya for their assistance in selecting actual data, preparing and editing the article. The author is grateful to the reviewer for analyzing the article and providing recommendations to improve its quality.

© Семенова Л. Р., 2025

**Аннотация.** В статье охарактеризованы комплексы ледниковых образований, формировавшиеся при взаимодействии покровных Скандинавских и горных ледников Ловозёрских тундр, ввиду недостаточных данных о закономерностях их образования. Путем корреляции разрезов на периферии Ловозёрских тундр восстановлены этапы осцилляций покровного и горного ледников в подпорожское и осташковское время позднего неоплейстоцена. Определено сходство сценариев их развития и взаимодействия: до распространения Скандинавского покровного ледника в пределы Ловозёрских тундр здесь формировался обширный горный ледник, а позднее, в период потепления, льды покровного ледника отступали на запад. Историю оледенений может подтвердить анализ пары флювиогляциал–морена как индикатора осцилляторного потепления–похолодания в толщах их переслаивания (в образованиях покровных и горных ледников). Выявлено два главных отличия исследуемых оледенений: в подпорожское время покровный ледник проникал в район Ловозёрских тундр только однажды, а в осташковское время — дважды; после отступления ледника в подпорожское время фиксируется шесть примерно одинаковых похолоданий, а в осташковское — пять, причем последнее из них привело к повторному проникновению покровного ледника к Ловозёрским тундрам. Реконструкция поздненеоплейстоценовых оледенений позволяет детализировать историю геологического развития этой территории.

**Late Neopleistocene glaciations  
of Lovozero Tundra (Kola Peninsula)****L. R. Semenova**✉All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia, [ljudmilasemenova@mail.ru](mailto:ljudmilasemenova@mail.ru)✉

**Abstract.** The paper characterizes glacier formation complexes resulting from interaction of the Scandinavian ice sheets and Lovozero Tundra mountain glaciers due to insufficient data of their development patterns. Correlating sections along the Lovozero Tundra periphery contributed to reconstructing stages of ice sheet and mountain glacier oscillations during the Podporozhye and Ostashkov periods of the Late Neopleistocene. Their development and interaction scenarios are similar: before the Scandinavian ice sheet spread into the Lovozero Tundra, a vast mountain glacier had been formed here, but later, during a warming period, the ice sheet retreated to the west. The analyzed fluvioglacial–moraine pair as an oscillatory warming-cooling indicator in their interlayer strata (in both ice sheet and mountain glacier formations) proves the glaciation history. Two main differences pertain to the studied glaciations: the ice sheet penetrated the Lovozero Tundra region only

For citation: Semenova L. R Late Neopleistocene glaciations of Lovozero Tundra (Kola Peninsula). *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 40–56. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_40-56](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_40-56)

once during the Podporozhye period, while it occurred twice during the Ostashkov period; after the glacier retreat, six approximately equal cooling periods were recorded in the Podporozhye period, while the Ostashkov period was associated with five periods, the last of which caused the ice sheet to re-enter the Lovozero Tundra. The Late Neopleistocene glaciation reconstruction specifies the area's geological development history.

## ВВЕДЕНИЕ

История изучения ледниковых отложений Кольского полуострова насчитывает более 100 лет. Большинство исследователей не подвергали сомнению развитие оледенений в четвертичное время. Дискуссионными оставались вопросы о количестве оледенений, их возрасте, характере, местоположении центров оледенения, соотношении ледников и их границах, мощности ледников и направлении движения.

В конце XIX в. — первой половине XX в. четвертичные образования были охарактеризованы в общих чертах (Н. В. Кудрявцев (1882–1883), В. Рамсей (Ramsay, 1898), В. Таннер (Tanner, 1906, 1907, 1915, 1928, 1930a, 1932), Х. Хаузен (Hausen, 1925), В. Ауэр (Auer, 1927), В. П. Зенкович (1937), С. А. Григорьев (1924), Б. М. Куплетский (1928), А. А. Полканов (1937), А. Аарио (Aario, 1943)). Общие черты строения толщи четвертичных отложений отражены в послевоенные годы в отчетах по результатам геологосъемочных работ (Н. И. Апухтин, Ю. К. Гуменный, Л. С. Косовой, Ю. П. Баранова, С. Ф. Бискэ, В. М. Полфёрова и др.).

В 1880 г. В. Н. Кудрявцев [1; 2] проводил на Кольском полуострове работы рекогносцировочного характера. По его представлениям, в квартере существовало два ледниковых покрова, один из которых двигался на восток, другой — на север. Хибинны в максимальную стадию перекрывались льдами, а после отступления покровных льдов стали самостоятельным центром оледенения. В 1898 г. В. Рамсей [3] предложил первую схему истории оледенений Кольского полуострова на фоне общей четвертичной истории Севера Европы. Он полагал, что, несмотря на непродолжительность максимальной стадии, ледник покрывал Хибинны полностью. Признавая существование двух стадий оледенения, В. Рамсей считал, что движение льдов в обоих случаях происходило в основном с запада на восток. Им выделялись следующие этапы оледенения Хибин: горно-долинное оледенение, ледники предгорий, покровное, перекрывшее местное, стадия нунатаков (длительное отступление покрова) и вновь горно-долинное оледенение. Последний этап В. Рамсей считал результатом особого похолодания, а первые два выделял предположительно.

С 1911 г. А. А. Полканов занимался изучением геологии Кольского полуострова; его результаты были опубликованы в 1937 г. [4]. В северо-западной части полуострова он выделил три фазы оледенения: наиболее раннюю, когда движение льдов осуществлялось с запада на восток, более молодую — движение происходило в северо-восточном направлении, и фазу локального оледенения с центрами

в Хибинских и Ловозёрских тундрах. Им также было намечено восемь поясов конечных морен.

Г. Д. Рихтер (1934 г.) в отношении последовательности этапов оледенения развивал схему В. Рамсея. Он считал, что в котловине Имандры ледник сохранялся дольше всего (за счет питания из Хибин и Чуна-тундры), растекание его происходило от средней части оз. Бол. Имандра.

В послевоенные годы и до 1960-х гг. в результате площадной геологической съемки, проводимой Северо-Западным геологическим управлением при участии сотрудников Кольского филиала АН СССР, был собран картографический и фактический материал, позволивший уточнить границы и стратиграфию четвертичных образований.

К началу 1960-х гг. представления о том, что Кольский полуостров в четвертичное время как минимум дважды подвергался оледенению, не изменились. Исключением была точка зрения Н. И. Апухтина [5], который считал, что в позднем неоплейстоцене полуостров подвергался оледенениям четырежды: днепровскому, московскому, калининскому и осташковскому (последнее включало осташковскую и карельскую стадии). Последний ледниковый покров (четвертое новоледниковье), по Н. И. Апухтину, захватывал лишь южную и западную части полуострова, доходя до Панских тундр. Район центральных возвышенностей служил ледоразделом, откуда льды растекались к востоку, юго-востоку и северо-востоку. Как и К. В. Зворыкин, Н. И. Апухтин считал основным способом убывания льда таяние неподвижных глыб на месте. Горные ледники Хибин, которыми завершилось оледенение, по его мнению, не выходили в пределы равнины.

Крупной обобщающей работой в 1960 г. стала монография М. А. Лавровой «Четвертичная геология Кольского полуострова» [6]. В ней автор обосновала развитие двух оледенений — днепровского (средне-неоплейстоценового) и валдайского (последнего, поздне-неоплейстоценового). При этом валдайское ледниковье подразделялось на ледниковое время и позднеледниковое, в последнем выделялись стадии Кейва I и Кейва II. М. А. Лаврова описала следующие стадии развития последнего оледенения: орографическую (образование снежников, затем развитие каровых, долинных ледников и формирование фирновых покровов на плоских горных вершинах), сетчатую (долинных ледников, сливаясь, образовывали ледники подножий; затем выполнялись льдами долины и межгорья — от центральных массивов к периферии), покровную (развитие оледенения, увеличение мощности льда), фазу ледникового щита, регрессивную фазу оледенения и завершающую — вновь орографическую.

Во второй половине XX в. на Кольском полуострове интенсивно проводились как геологосъемочные, так и научно-исследовательские работы. Одновременно изучение ледниковых образований несколько дифференцировалось: наряду с обобщающими трудами появились отдельные исследования, посвященные Скандинавскому и Понойскому покровным ледникам, горному оледенению Хибинских, Ловозёрских, Сальных тундр, Главного хребта, а также вопросам литологии и механизма формирования отложений ледникового ряда.

В 1976 г. в обобщающей работе «История формирования рельефа и рыхлых отложений Северо-Восточной части Балтийского щита» [7] сотрудники Кольского филиала АН СССР систематизировали имевшиеся на то время данные по истории оледенений. Авторы (С. А. Стрелков, В. Я. Евзеров, Б. И. Кошечкин и др.) допускали воздействие двух-трех оледенений. В процессе развития последнего ледникового покрова ими выделены три фазы. Развитие периферического ледникового покрова объяснено проявлением сёрджей — волн ускоренного растекания льда Скандинавского щита. В работе описано строение толщ ледниковых образований (гранулометрический состав, петрографический состав обломочного материала, текстуры отложений), а также приведено систематизированное описание экзарационных и аккумулятивных форм рельефа.

В 1984–1987 гг. силами Тематической комплексной экспедиции (г. Ленинград) были обобщены картографические и фактологические данные по Северо-Западному региону России, включая Кольский полуостров, собранные за предшествующие 20 лет в процессе геологосъемочных и геолого-разведочных работ. В результате была составлена сводная карта четвертичных отложений масштаба 1:500 000 территории деятельности СЗПГО, которая стала базовой для последующих сводных картосоставительских работ<sup>1</sup>. Завершающим этапом этих исследований стала обобщающая монография под редакцией В. В. Проскурякова и И. И. Краснова «Четвертичный покров Балтийского щита» [8]. В пределах Кольского полуострова авторами (В. Г. Легкова, Л. А. Щукин и др.) выделены днепровские (условно), московские, подпорожские (нижневалдайские) и осташковские (верхневалдайские) ледниковые образования.

В 2004 г. во ВСЕГЕИ (ныне — Институт Карпинского) была составлена и подготовлена к изданию Государственная геологическая карта четвертичных образований масштаба 1:1 000 000 (В. Г. Легкова, Л. Р. Семенова, П. Е. Москаленко) на территорию листа Q-(35)–37 — Кировск [9]. Для данной территории также впервые составлена карта четвертичных отложений этого масштаба, были увязаны геологические данные по Кольскому полуострову, Белому морю и Архангельской области. Ледниковые образования описаны с применением классификаций, приведенных в обобщающей работе Ф. А. Каплянской и В. Д. Тарноградского [10], и в соответствии с региональной стратиграфической схемой квартера Севера и Северо-Запада [11].

В конце 1990-х гг. — начале 2000-х гг. В. Я. Евзеров, обобщив имеющиеся данные по валдайскому

оледенению в Кольском регионе, разработал модель его эволюции [12–20]. Он констатирует, что в пределах Кольского полуострова установлено четыре горизонта морен, отвечающих четырем верхним горизонтам Северной Финляндии. Нижний (первый) относится к московскому горизонту, верхние три соответствуют валдайскому. Нижняя валдайская морена соотносится со стадией 5d изотопно-кислородной шкалы, средняя и верхняя — с 5b-2; верхний горизонт формировался в период дегляциации. В ранние фазы валдайского оледенения горные массивы являлись самостоятельными центрами оледенения. «По мере продвижения к востоку материковый лед ассимилировал горные ледники, и в период поздневалдайского максимума край ледникового покрова повсеместно выходил за пределы Кольского полуострова» [16]. «В раннем валдае Скандинавский ледниковый покров достигал Ловозёрских тундр. В период межстадиала Перяпохьёла (ИКС 5 с) восточный фланг Скандинавского покрова льда <...> значительно сокращался» [16]. Горные ледники продолжали существовать. «Можно предположить, что в период ранне-средневалдайского максимума (около 50 тыс. лет до н. в.) Кольский регион занимали Скандинавский и Карский покровные ледники <...> В конце среднего валдая последний начал деградировать» [16], и в позднем валдае (около 17 тыс. лет до н. в.) Скандинавский ледниковый покров занял весь Кольский полуостров.

Оригинальный сценарий оледенения Кольского полуострова предложили М. Г. Гросвальд и А. М. Лаптева [21–23]. По их мнению, время формирования ледниковых отложений и ансамблей форм рельефа на Кольском полуострове восточнее Хибин — ранний голоцен. Механизм их образования заключался во «вторжении активной ледниковой лопасти с северо-востока в Беломорско-Кольскую область, которое имело характер сёрджа (или серии сёрджей)» [23] в результате коллапса Карского ледникового щита. Условием для возникновения коллапса послужило появление талой воды в придонных частях ледниковых куполов, приводящее к снижению сцепления льда с ложем. Ледниковая лопасть покоилась на водяной подушке. При резком торможении ледника вода опережала лед и с колоссальной энергией вырывалась из-под него.

**Изучение образований Скандинавского покровного ледника.** Значительный вклад в изучение образований Скандинавского покровного ледника внес А. А. Никонов. Признавая возможность существования не менее четырех самостоятельных ледниковых эпох (по аналогии с более южными районами), он указывал на то, что найдены непосредственные следы двух ледниковых эпох (трех скандинавских ледниковых покровов) и косвенные следы более древнего Баренцевоморско-Новоземельского оледенения [24–36]. Нижняя из наблюдаемых морен определялась им как московская (средненеоплейстоценовая).

<sup>1</sup> Легкова В. А., Щукин Л. А., Ауслендер В. Г. Составление сводной карты четвертичных отложений масштаба 1:50 000 как основы для ландшафтно-геохимического районирования территории деятельности СЗПГО. Л., 1984.

Не обсуждая мощность льда во время первой стадии, А. А. Никонов считал, что на крайнем западе Кольского полуострова она составляла не менее 1000 м, но «Чуна- и Монче-тундры ледник покрывал приблизительно до высоты 700–800 м, Хибин — до 400–500 м, Ловозёрские тундры — до 200–400 м относительно подножия», что соответствует представлениям А. Д. Арманд<sup>1</sup> и М. К. Граве [37].

Эволюция Скандинавского ледника на северо-востоке Кольского полуострова в бассейнах р. Воронья и верховьях рек Харловка, Восточная Лица и Иоканьга рассмотрена в работе Н. Н. Арманд [38]. В последнем оледенении автор выделяет две стадии. В первую стадию льды Скандинавского ледника, достигнув границы самостоятельного Понойского ледника, также являвшегося активным, отклонялись к северу и югу. Затем фаза активного льда сменилась фазой мертвого льда.

Во вторую стадию, по Н. Н. Арманд, когда лед обтекал Хибин, произошло образование друмлинов, огибающих с юга Хибин и Ловозёрские тундры. Лед, покрывавший территорию к северу от горных массивов, по-видимому, оказался оторванным от области питания и потерял способность двигаться. Лед, поступавший с запада, встречая на своем пути препятствие в виде горных массивов и мертвого льда, вынужден был раздвоиться.

Часть льда поворачивала к северо-востоку и образовывала друмлины к северу от оз. Камнтьярв. Другая часть двигалась вдоль южного подножия Хибинских и Ловозёрских тундр, поворачивая затем на северо-восток, между восточным массивом льда и массивом мертвого льда, расположенного севернее Хибинских и Ловозёрских тундр. Восточный покров, по мнению Н. Н. Арманд, к этому времени потерял свою подвижность, в краевой части образовалась зона мертвого льда.

В 1976–1978 гг. специалистами Геологического института Кольского филиала АН СССР (В. Я. Евзеров, Б. И. Кошечкин) и Геологической службой Финляндии были проведены работы по теме «Ледниковые отложения и направления движения материковых льдов в Финской Лапландии и на западе Кольского полуострова». Позднее их результаты обобщены в монографии «Палеогеография плейстоцена западной части Кольского полуострова» [12].

**Изучение горных оледенений.** Горное и горно-долинное оледенение испытали Хибинские и Ловозёрские тундры, Главный хребет, Сальные тундры, в меньшей степени — Печенгские тундры. Наиболее значимой работой по стратиграфии и геоморфологии образований горных ледников, а также по вопросу их взаимоотношений с покровными ледниками, является диссертационная работа А. Д. Арманд «Развитие рельефа Хибин и Прихибинской равнины»<sup>1</sup>. В результате стратиграфических и геоморфологических работ в 1955–1958 гг. А. Д. Арманд [39] предположил существование нескольких покровных оледенений до времени межледникового (микулинского).

Последнее оледенение, по А. Д. Арманду, развивалось в две стадии. Первая стадия начиналась в форме горно-долинных ледников, распространившихся за пределы Хибинского массива и перешедших

в ледники предгорий. Произошла перестройка речных долин. Затем надвинувшийся Скандинавский покров в максимальную фазу скрыл Хибин (мощность льдов значительно превосходила высоту гор, а течение было направлено с запада на восток). После таяния льдов, возможно, не окончательного, на протяжении не менее 3,5 тыс. лет существовали условия интерстадиала. В межстадиальное время ледников предгорного типа, по всей вероятности, не было.

В позднеледниковые, по А. Д. Арманду, таяние ледникового покрова происходило в условиях малой подвижности льдов. Массивы мертвого льда испытывали остаточное растекание в разных направлениях. Горные ледники проявляли некоторую активность, но при этом концы их языков не достигали низовьев долин, за исключением Кунийокского глетчера, который образовывал предгорный ледник. В дальнейшем горные ледники сокращались, оставляя у концов неподвижные глыбы льда. А. Д. Арманд считает, что таяние льда происходило преимущественно в неподвижном состоянии, поэтому убывание ледника шло не в обратном порядке по отношению к первым фазам (как считали В. Рамсей, Г. Д. Рихтер, М. А. Лаврова); в конце оледенения не было фазы предгорных ледников.

Во время второй стадии, по А. Д. Арманду, ледниковый покров «достиг мощности лишь 400–500 м. Хибин остались нунатаком, который льды обтекали с юга и севера. Языки материкового льда распространились по долинам в пределы Хибин и там сомкнулись с горными ледниками, образовав единую поверхность». Таким образом, впервые наиболее полно была охарактеризована история оледенения Хибин.

Оледенению Ловозёрских тундр посвящены работы М. К. Граве, В. Я. Евзерова, А. С. Лихачева, А. Н. Спицына, С. А. Стрелкова [40–43], И. В. Буссена, А. С. Сахарова [44]. Большинство исследователей выделяет в последнем оледенении Ловозёрских тундр две стадии. Предполагается, что в первую, максимальную, горный массив полностью скрывался под толщей материковых льдов, мощность которых превышала 1000 м. Завершилась эта стадия горным оледенением. В межстадиальное время, по представлениям М. К. Граве и В. Я. Евзерова [40], в окрестностях Ловозёрских тундр существовали приледниковые условия. Во второй этап оледенения мощность покровного льда у западных склонов достигала 350–450 м, а у восточных уменьшалась до 200–250 м. Покровные льды проникали вверх по долинам гор. Сокращение ледникового покрова происходило, по-видимому, путем общего омертвления льда и таяния по всей поверхности (а не отступления его края при сохранении активности, как полагали А. А. Григорьев, А. А. Полканов, М. А. Лаврова).

Горное оледенение Ловозёрских тундр существовало одновременно со второй стадией покровного оледенения и после его деградации. Когда ледниковый покров уже располагался в области абляции, вершины гор еще не достигали ионосферы, и на их

<sup>1</sup> Арманд А. Д. Развитие рельефа Хибин и Прихибинской равнины. Апатиты, 1964. 244 с. Деп. в ВИНТИ 08.04.1965, № 32–64.

плоской поверхности и в цирках существовали горные ледники. По мнению М. К. Граве и В. Я. Евзерова, на этой стадии произошло активное наступление глетчеров, на севере Ловозёрских тундр долинные ледники выдвинулись за пределы гор, и их языки образовали ледник подножья. Последующее отступление глетчеров происходило в несколько этапов при сохранении активности. Конечной фазой деградации стало исчезновение каровых ледников.

И. В. Буссен и А. С. Сахаров детально описали цирки Ловозёрских тундр [44]. По мнению авторов, время образования цирков пока не может быть точно установлено, а наиболее вероятным периодом их интенсивного развития они считают первую половину четвертичного периода.

В предгорьях Ловозёрских тундр в 1970-х гг. проводились поиски россыпей лопарита<sup>1–3</sup>. Расположение наиболее важных для стратификации четвертичных образований буровых профилей и линий показано на рис. 1. Контрастный петрографический состав крупнообломочной фракции отложений (преобладание либо гнейсов, либо щелочных интрузивных пород) позволил достоверно различать в предгорьях и на внешних склонах горных массивов образования горных и покровных ледников. Анализ ретроспективных материалов — разрезов по буровым скважинам и шурфам, а также палинологических материалов и единственного геохронологического определения, полученного в тот же период для бассейновых отложений, разделяющих комплексы ледниковых образований, — позволил выполнить корреляцию вскрытых образований между собой и с региональными горизонтами Севера и Северо-Запада России.

Сложность корреляции обусловлена невыдержанностью сохранившихся межледниковых образований микулинского и ленинградского горизонтов верхнего неоплейстоцена. Однако сравнение разрезов позволило выстроить обоснованную последовательность формирования позднеоплейстоценовой толщи и соотнести образования с микулинским, подпорожским, ленинградским и осташковским горизонтами.

Четвертичные отложения в пределах Ловозёрских тундр и их обрамления распространены практически повсеместно в виде маломощного (до 5 м) и прерывистого чехла, за исключением обрывистых и крутых склонов. В долинах горных рек мощность четвертичных образований достигает десятков метров, а вблизи подножья северных и южных склонов Ловозёрских тундр, по данным вертикального электроразведывания, — 200 м.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При поисках россыпных месторождений лопарита были изучены сотни разрезов по скважинам и шурфам; преимущественно выполнялись минералогический и петрографический анализы отложений. Эффективность этих методов определялась уникальностью петрографии образований Ловозёрского массива. Для образований покровных

ледников характерно преобладание в крупнообломочной фракции гнейсов, для горных — луювритов, фойяитов.

В отдельных, наиболее полных разрезах проводились спорово-пыльцевой и диатомовый анализы. В одном из разрезов получена датировка радиоуглеродным методом.

Автор в начале 2000-х гг. изучала ледниковые отложения, развитые на северо-западных склонах Ловозёрских тундр, в том числе взаимоотношения морен горных и покровных ледников. Обобщение всех фактических материалов и сопоставление разрезов по всему периметру Ловозёрских тундр позволило выделить реперные слои и восстановить последовательность формирования образований в позднем неоплейстоцене. Подпорожский и осташковский горизонты объединяют комплексы ледниковых образований, микулинский и ленинградский горизонты сложены озерными фациями — песками, диатомитами, линзами торфа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Вдоль подножий Ловозёрских тундр в углублениях рельефа скважинами вскрыты переслаивающиеся ледниковые и озерные образования. Озерные отложения залегают в виде двух систем линз — нижней и верхней, разделяя ледниковую толщу на три крупных толщи. Озерные отложения, разделяющие нижнюю и среднюю ледниковые толщи, представлены зеленовато-серыми пылеватыми песками с галькой, гравием (5–10%), реже — глинами, суглинками, супесями. Они вскрыты на северо-восточном берегу оз. Умбозеро — скв. 15<sup>3</sup>, у западного подножья Ловозёрских тундр — скв. 87<sup>2</sup>, у северного подножья Ловозёрских тундр — скв. 240 линия 05<sup>1</sup>, у южного подножья — скв. 020 пр. 40 (профиль 40), скв. 030 пр. 40<sup>2</sup>, на межозерной перемычке Сейдозеро–Ловозеро — скв. 69<sup>3</sup>. Крупнообломочный материал представлен гнейсами и гранитами.

Озерные отложения («нижние») залегают на морене и ледниково-озерных ленточных глинах московского горизонта, редко — на дочетвертичных образованиях; перекрыты моренами подпорожского горизонта. Мощность озерных отложений, по результатам бурения, достигает 40 м и, возможно, более.

Озерные пески и суглинки, вскрытые скв. 15 (рис. 2) в интервале 37,5–49,5 м (авторский номер<sup>3</sup>), характеризуются резким увеличением количества пыльцы сосны 7 (до 55%) при уменьшении пыльцы березы (до 64%), причем уменьшается количество пыльцы кустарниковых форм березы (до 13%)

<sup>1</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозерских тундр за 1971–74 гг. 1975.

<sup>2</sup> Лихачев А. С., Чувардинский В. Г. Отчет о поисках богатых россыпей лопарита в предгорьях Ловозерских тундр в 1975–1979 гг. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1979.

<sup>3</sup> Калинин М. М., Семенов Е. Н., Дуракова А. Б. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 и геохимические поиски на редкие металлы и апатит масштаба 1:50 000 в пределах Ловозерского массива и его обрамления на площади 1000 кв. м. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1981.



**Рис. 1. Схема использованных материалов предшествующих геологосъемочных и поисковых работ, выполненных в предгорьях Ловозёрских тундр**

1 — поисково-разведочные профили и их номера; 2 — профили вертикального электрического зондирования с шагом 200 м; 3 — линии геологических разрезов; 4 — поисковые профили и линии, их номера; 5 — линии геологических разрезов

Источник: по 1–3\*

**Fig. 1. Map of previous geological survey and exploration data from the Lovozero Tundra foothills**

1 — exploratory profiles and their numbers; 2 — vertical electrical sounding profiles spaced at 200 m intervals; 3 — geological section lines; 4 — exploration profiles and lines, and their numbers; 5 — geological section lines

Source: from 1–3\*\*

<sup>1\*</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозерских тундр за 1971–74 гг. 1975.

<sup>2\*</sup> Лихачев А. С., Чувардинский В. Г. Отчет о поисках богатых россыпей лопарита в предгорьях Ловозерских тундр в 1975–1979 гг. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1979.

<sup>3\*</sup> Калинин М. М., Семенов Е. Н., Дуракова А. Б. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 и геохимические поиски на редкие металлы и апатит масштаба 1:50 000 в пределах Ловозерского массива и его обрамления на площади 1000 кв. м. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1981.

<sup>1\*\*</sup> Likhachev A. S. Report on loparite placer prospecting in northern foothills of the Lovozero Tundra for 1971–74. 1975.

<sup>2\*\*</sup> Likhachev A. S., Chuvardinskiy V. G. Report on prolific loparite placer prospecting in the Lovozero Tundra foothills in 1975–1979. *Territorial Data Bank in Murmansk Region*; 1979.

<sup>3\*\*</sup> Kalinkin M. M., Semenov E. N., Durakova A. B. Additional site appraisal at a scale of 1:50,000 and geochemical prospecting work for rare metals and apatites at a scale of 1:50,000 in the Lovozero massif and its adjacent areas over an area of 1,000 square meters. *Territorial Data Bank in Murmansk Region*; 1981.

и неопределенных видов берез. Определена единичная пыльца граба, дуба, липы. Пыльца лещины и ольхи составляет 2–3 %. Среди трав в середине интервала преобладает пыльца разнотравья, в верхах — полынь. Среди плауновых господствуют лесные виды (до 22 %). Подобные спектры формируют сосново-березовые и березово-сосновые леса с примесью ели. Подобные спектры отвечают климатическим условиям микулинского времени. Таким образом, был выделен первый реперный горизонт — **озерные отложения микулинского горизонта**. Время формирования морены, на которой залегают «нижние» озерные осадки, условно определено как московское (средненеоплейстоценовое). На микулинских осадках в скв. 15 залегает морена, сформированная покровным ледником (судя по петрографическому составу валунов, гальки). Выше — «верхние» озерные осадки, их перекрывают флювиогляциальные отложения, на которых залегают морена покровного ледника. Поскольку время формирования верхней морены давно известно как остаховское<sup>1</sup> [7–11; 37; 38, 42], то время формирования ледниковой толщи, залегающей между озерными слоями, можно определить как подпорожское. Верхняя граница подпорожского горизонта более точно устанавливается по наложению датированных ленинградских озерных осадков в разрезе скв. 34 пр. 480, которые будут описаны ниже (рис. 2). В ранее построенных разрезах (А. С. Лихачев<sup>2</sup>) с высокой детальностью показаны морены покровного и горного ледников и флювиогляциалы, также с указанием их принадлежности к покровному либо горному ледникам.

В строении подпорожского горизонта выделяется толща часто переслаивающихся **морены и флювиогляциала горных ледников**. Наиболее полно эта сложнопостроенная толща представлена в разрезах на пр. 480 по скважинам 32, 40, 60 (снизу вверх):

- 1) морена горного ледника;
- 2) флювиогляциал горного ледника;
- 3) морена горного ледника;
- 4) флювиогляциал горного ледника;
- 5) морена горного ледника;
- 6) флювиогляциал горного ледника.

Если принять пару флювиогляциал–морена за цикл «потепление–похолодание», то в данном разрезе насчитывается три цикла. В скв. 15 (пр. 0–0) и скв. 18 (пр. 480) таких циклов пять, в скв. 38 зафиксировано максимальное количество — 6.

На пр. 400 прослеживается следующая стратиграфическая последовательность (снизу вверх):

- 1) «нижние» флювиогляциал и морена *горного* ледника;
- 2) флювиогляциал и морена *покровного* ледника;
- 3) «верхняя» сложнопостроенная толща *горного* ледника.

В таком порядке и будут описаны образования подпорожского горизонта.

**Нижняя морена подпорожского горизонта, сформированная горными ледниками**, представлена супесями, песками с гравием, галькой и валунами. Пески серые разнозернистые слабоглинистые эгирин-полевошпатовые. Обломочный материал — луявриты,

фойяиты, в подчиненном количестве — гнейсы, габбро. Характерна грубая слоистость, намеченная изменением гранулометрического состава мелкой фракции, колебанием содержания валунов (до 70 %) и степени окатанности обломочного материала — от плохой до средней. Мощность — до 14 м.

**Нижние флювиогляциальные отложения подпорожского горизонта, сформированные горными ледниками**, представлены песками зеленовато-серыми, коричнево-серыми, крупнозернистыми до гравелистых, промытыми, с галькой, валунами (скв. 020, пр. 40; скв. 7, 10; пр. 400<sup>2, 3</sup>). Окатанность крупнообломочного материала средняя и хорошая, петрографический состав — луявриты, фойяиты, гнейсы, амфиболиты, нефелиновые сиениты. Мощность отложений — до 45 м. Анализ распространения флювиогляциальных отложений в виде локальных покровов свидетельствует об их формировании на склонах при таянии сокращавшихся и отступавших горных ледников.

**Морена основная подпорожского горизонта, сформированная покровным ледником**, представлена супесями валунными со щебнем и отломами. Она вскрыта многочисленными скважинами в северных предгорьях (западнее долины р. Сергевань), на западном обрамлении Ловозёрских тундр, у северо-западных, юго-восточных, юго-западных подножий склонов. Морена прослеживается скважинами на протяжении сотен метров.

Окатанность крупнообломочного материала плохая и средняя, его содержание составляет около 30–40 %. Материал представлен гнейсами, гранито-гнейсами, габбро; реже встречаются хибинские нефелиновые сиениты. В южных районах наряду с гнейсами присутствуют граниты, луявриты, фойяиты Ловозёрского массива. Супеси вдоль западных склонов — эгирин-полевошпатовые. Мощность ледниковых образований подпорожского покровного ледника, по результатам бурения, достигает 20 м.

Спорово-пыльцевой спектр подпорожской морены, согласно имеющимся заключениям, приведенным в отчете<sup>2</sup>, характеризуется преобладанием пыльцы березы (до 100 %), из которой 60 % принадлежит кустарниковой. Встречены также единичные зерна ольхи и ивы. Группа пыльцы травянистых очень бедная, доминирует пыльца разнотравья. Такой спектр, по мнению авторов отчета, характерен для растительности тундровой зоны, видимо, располагавшейся по периферии ледника.

**Флювиогляциальные отложения подпорожского горизонта, сформированные покровным ледником**, отмечаются в единичных разрезах скважин у западных подножий Ловозёрских тундр и в южных предгорьях. Мощность отложений — до 13 м.

<sup>1</sup> Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. 2-е изд. Лист Q-36-V, VI (Ревда). Объяснительная записка / Л. В. Вороняева [и др.]. СПб. : ВСЕГЕИ, 2025. 566 с. (в печати)

<sup>2</sup> Лихачев А. С., Чувардинский В. Г. Отчет о поисках богатых россыпей лопарита в предгорьях Ловозерских тундр в 1975–1979 гг. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1979.

<sup>3</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозерских тундр за 1971–74 гг. 1975.

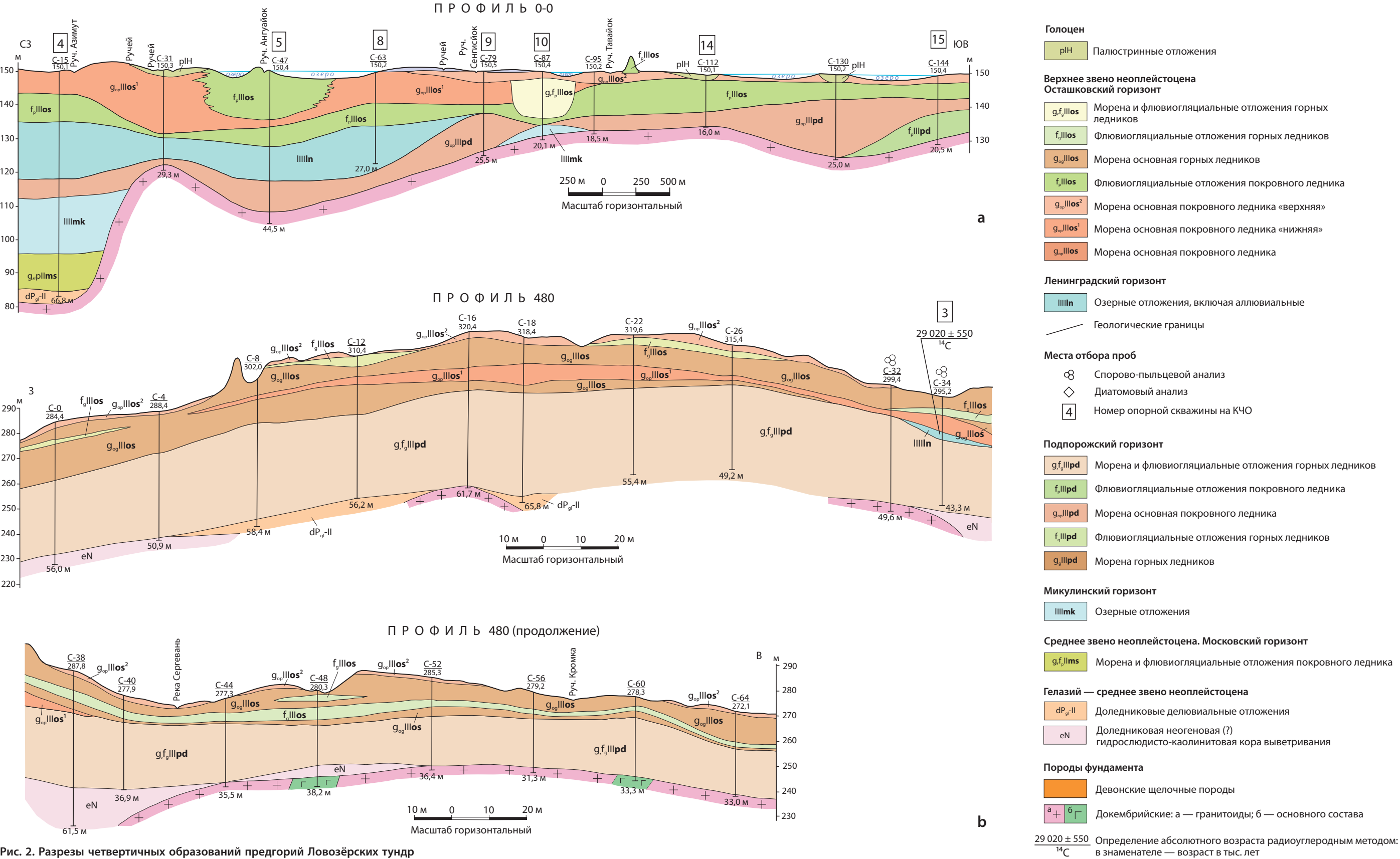


Рис. 2. Разрезы четвертичных образований предгорий Ловозёрских тундр

*a* — разрез четвертичных образований, восточный берег оз. Умбозеро, профиль 0–0; *b* — разрез четвертичных образований, северные предгорья Ловозёрских тундр, профиль 480\*

Fig. 2. Quaternary formation sections in the Lovozero Tundra foothills

*a* — Quaternary formation section, eastern bank of Umbozero Lake, profile 0–0; *b* — Quaternary formation section, northern foothills of the Lovozero Tundra, profile 480\*\*

\* Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозёрских тундр за 1971–74 гг. 1975.

\*\* Likhachev A. S. Report on loparite placer prospecting in northern foothills of the Levozero Tundra for 1971–74. 1975.

Представлены песками серыми крупнозернистыми с примесью валунов и галек, гравия, галечно-песчаным материалом с гравием и валунами. Содержание крупнообломочной фракции, в которой преобладает галька, — до 40%. Крупнообломочный материал хорошо окатан, представлен гнейсами, хибинитами, луювритами, фойяитами, габбро, амфиболитами.

**Сложнопостроенная толща ледниковых и флювиогляциальных отложений подпорожского горизонта, сформированная покровным ледником**, развита в пределах нижних частей склонов Ловозёрских тундр, по их периферии. Она залегает обычно на дочетвертичных породах, перекрыта сложнопостроенной толщей ошашковского горизонта, невыдержанная по простиранию. Мощность — до 10 м. Морена сложена супесями, реже — суглинками, с гравием, галькой и валунами, суммарное содержание которых колеблется от 30 до 50%. В обломочном материале морены и флювиогляциала покровного ледника западных предгорий преобладают гнейсы, реже встречаются хибинские нефелиновые сиениты. В южных предгорьях наряду с гнейсами присутствуют нефелиновые сиениты Ловозёрского массива (до 30%).

**Сложнопостроенная толща ледниковых и флювиогляциальных образований подпорожского горизонта, сформированная горными ледниками**, широко распространена в пределах горных массивов, на поверхность не выходит. Флювиогляциальные пески с гравием, галькой и валунами хорошей окатанности переслаиваются с моренными супесями с гравием и галькой, валунами средней окатанности. Флювиогляциальные пески светло-серые, коричневые, коричневатые-серые, зеленоватые-серые крупно-, мелко-, среднезернистые. Вблизи Ловозёрского массива толща почти нацело состоит из валунов нефелиновых сиенитов, по мере удаления от массива в ее составе появляется все больше валунов и гальки гнейсов, количество их вверх по разрезу уменьшается. В строении толщи наряду со «свежими» обломками принимают участие продукты выветривания нефелиновых сиенитов, вверх по разрезу содержание их уменьшается. Соответственно, в этом же направлении в целом уменьшается и содержание лопарита. Песчаная фракция из отложений северных и южных предгорий характеризуется сходством минерального состава. Границы между прослоями морены и флювиогляциала резкие.

Мощность флювиогляциальных песков максимальна в понижениях рельефа коренных пород — 20–25 м, минимальна — на возвышенностях, где составляет 1–5 м. Мощность слоев морены в нижней части — от 1 до 5 м, в верхней достигает 15 м. Мощность толщи в северных предгорьях варьирует от первых метров у северного края до 46 м в средней части<sup>1</sup>.

В северных предгорьях, благодаря детальным поискам россыпей лопаритов, граница распространения подпорожских горных ледников зафиксирована примерно на широте 67°57', где насчитывается от 4 до 6 пар (морена, флювиогляциал). Таким образом, в изученных разрезах северных предгорий фиксируется шесть осцилляций горных ледников

подпорожского времени. Слои морены и флювиогляциала хорошо выдержаны, прослеживаются на несколько километров.

Спорово-пыльцевые спектры образцов скв. 34 (пр. 480) из интервала 20,0–43,5 м, по заключению Э. С. Плешивцевой, отражают периодическую смену лесной (ель, сосна, береза) и лесотундровой (береза; карликовая береза до 40%) растительности<sup>2</sup>, которая произрастала на равнинах вокруг Ловозёрских тундр, свободных ото льдов. Для отложений характерны различная сохранность и насыщенность пылью и спор; выделяются четыре комплекса. I комплекс (36,00–29,70 м) — господствует пыльца берез (50–75%), значительно присутствие кустарничковой березки (до 40%), участие пыльцы хвойных невелико. II комплекс (32,00–35,00 м) — характерно увеличение пыльцы хвойных: ели (до 15%), сосны (до 27%), участие пыльцы берез сокращается, в том числе и кустарниковых видов. III комплекс (28,30–32,00 м) — характерно вновь увеличение участия в спектрах пыльцы берез (до 75%) и сокращение содержания пыльцы хвойных пород. IV комплекс (22,00–28,3 м) — пыльца и споры отмечены единично.

Таким образом, подпорожский горизонт представлен ледниковыми комплексами покровного ледника (мореной, флювиогляциалом и часто чередующимися мореной и флювиогляциалом) и горных ледников (мореной, флювиогляциалом, часто чередующимися мореной и флювиогляциалом), ледниково-озерными отложениями.

**Озерные осадки ленинградского горизонта** — второй репер верхнелепестового разреза — слагают верхнюю систему озерных линз, локально развиты аллювиальные отложения. Они представлены крупно- и мелкозернистыми слоистыми песками, редко — супесями, гравийно-галечными отложениями, торфом, диатомитами. Вскрыты рядом скважин в северных предгорьях Ловозёрских тундр, западнее п. Ревда<sup>2</sup>, в западных предгорьях<sup>1</sup>, на перемычке между озерами Сейдозеро и Ловозеро в многочисленных шурфах и скважинах<sup>1</sup>. Мощность озерных отложений ленинградского горизонта достигает 30 м.

Пески не выдержаны ни по степени промытости, ни по минеральному составу. На северо-восточном берегу оз. Умбозеро в скв. 15 в инт. 19,0–32,0 м слоистые супеси залегают на подпорожской морене, спорово-пыльцевые спектры отражают характер растительности, развивавшейся вскоре после отступления ледника. Они содержат пыльцу трав до 55%. Среди пыльцы древесных преобладает пыльца берез (до 95%). Пыльца *Betula* sp. составляет 20%. Пыльца лещины и ольхи не превышает 2–3%. Среди трав в нижней части интервала господствует пыльца разнотравья (до 36%), выше — пыльца полыни (до 45%). Споры представлены папоротниками,

<sup>1</sup> Калинин М. М., Семенов Е. Н., Дуракова А. Б. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 и геохимические поиски на редкие металлы и апатит масштаба 1:50 000 в пределах Ловозёрского массива и его обрамления на площади 1000 кв. м. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1981.

<sup>2</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозёрских тундр за 1971–74 гг. 1975.

зелеными и сфагновыми мхами, плауновыми лесных и тундровых видов. По заключению палинолога В. И. Семичевой<sup>1</sup>, состав и характер спорово-пыльцевых спектров отражает растительность, произраставшую в довольно суровых климатических условиях. На предгорной равнине юго-западнее Ловозёрских тундр диатомиты мощностью 0,5 м, залегающие на морене горного подпорожского ледника и перекрытые мореной покровного осташковского ледника, были изучены спорово-пыльцевым и диатомовым методами в скв. 120 (пр. 280)<sup>2</sup>. Результаты изучения свидетельствуют о более теплых климатических условиях по отношению к вышеописанным.

В составе обильной пресноводной диатомовой флоры в диатомитах насчитывается свыше 100 видов и разновидностей диатомовых водорослей (Т. Е. Ладышкина<sup>2</sup>). Массового развития среди пресноводных диатомовых достигают следующие виды: *Melosira italica* var. *valida* (Grun.) Hust., обитающая в планктоне прибрежной и пелагической зон, главным образом северных и горных водоемов; *Fragilaria lapponica* Grun., распространенная в прибрежной зоне стоячих, преимущественно эвтрофных водоемов; *Fragilaria* sp. и *Pinnularia* sp. (обломки).

Среди обитателей пресноводных вод здесь также очень многочисленны: планктонная форма *Melosira italica* var. *subarctica* O. Müll.; *Fragilaria brevistriata* Grun., широко распространенный вид в прибрежной зоне эвтрофных водоемов; *Fragilaria construens* (Ehr.) Grun., тоже частый обитатель преимущественно стоячих эвтрофных водоемов, развивающийся среди обрастаний; *Fragilaria construens* var. *venter* (Ehr.) Grun. — разновидность, встречающаяся там же, где и упомянутый выше вид; *Navicula radiosa* Kütz., обитающие в грунтах водоемов; *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Müll., широко распространенная в водоемах среди обрастаний. Все перечисленные виды, наряду с массовыми формами, образующие доминирующий комплекс, встречаются с количественной оценкой «очень часто». С оценкой «часто» отмечен ярко выраженный северный холодолюбивый *Tetracyclus emarginatus* (Ehr.) W. Sm.

К холодолюбивым стенотермным видам относится и присутствующая здесь пресноводная диатомовая *Tetracyclus lacustris* Ralfs., а также *T. Lacustris* var. *elegans* (Ehr.) Hust. В составе найденной флоры преобладают формы обрастаний и донные диатомовые, встречены представители родов *Synedra*, *Eunotia*, *Navicula*, *Cymbella*, *Gomphonema* и др.

По заключению Л. Я. Каган<sup>2</sup>, изучившей эти же образцы, накопление изученного слоя диатомита происходило в прибрежной мелководной зоне (возможно, заливе) эвтрофного водоема в условиях, близких к современным и времени голоценового климатического оптимума. Водоем постепенно мелел.

Ленинградский оптимум охарактеризован и в северных предгорьях Ловозёрских тундр, где по торфу из скв. 34 (пр. 480)<sup>3</sup> были выполнены в Институте геологии АН ЭССР (г. Таллин) две радиоуглеродные датировки, одна из них — 45 000 лет, а вторая, полученная Я.-М. К. Пуннингом<sup>4</sup> — 29 020 ± 550 лет (Tln-159, номер на карте 1). Торф перекрыт осташковской мореной покровного ледника<sup>1</sup>.

В горизонте торфа пыльца и споры отличной сохранности. По заключению Э. С. Плешивцевой<sup>1</sup>, отложения формировались в ленинградский оптимум: господствует пыльца березы (58–68%), присутствует пыльца ели (до 29%), участие пыльцы сосны невелико. Отмечается пыльца широколиственных пород (вяз, дуб, орешник) хорошей сохранности — 1,7–3,1%. Пески характеризуются тем же спорово-пыльцевым комплексом.

Формирование комплекса **осташковского горизонта** происходило по сценарию, близкому к предыдущему ледниковому периоду. В подпорожское время покровный ледник достигал Ловозёрских тундр только на первом этапе похолодания. В осташковское время были сформированы две морены (и два флювиогляциала) — «нижняя» и «верхняя», что говорит о двукратном вторжении покровного ледника в район Ловозёрских тундр. «Верхняя» морена Скандинавского покровного ледника прерывистым плащом покрывает равнины и внешние склоны Ловозёрских тундр. Она достигает абсолютных отметок на юго-западных склонах — 600–650 м, на западных — 550–600 м, на южных — 500–520 м и на восточных — 350–400 м.

Сопоставление многочисленных разрезов, опоясывающих подножья Ловозёрских тундр, позволило установить, что в основании разреза осташковского горизонта в предгорьях залегает морена горных ледников, выше — флювиогляциальные отложения и морена покровного ледника («нижняя» — на рис. 2; по А. С. Лихачеву<sup>2</sup>, это морена валдайского оледенения, стадия II, фаза 1). На образованиях покровного ледника — часто чередующиеся слои морены и флювиогляциала горных ледников, на равнине перекрытых «верхней» (рис. 2) мореной покровного скандинавского ледника (по А. С. Лихачеву — мореной валдайского оледенения, стадия II, фаза 2).

Ниже дана характеристика сложнопостроенного осташковского горизонта.

**Морена основная осташковского горизонта, сформированная горными ледниками**, представлена супесями серыми с валунами, галькой, отломами, щебнем, дресвой. Распространена на склонах Ловозёрских тундр, выстилает днища экзарационных долин. Руководящие валуны представлены ловозерскими породами, что позволяет очертить район распространения горных ледников. Ледниковые отложения подстилаются либо дочетвертичными породами, либо озерными отложениями ленинградского горизонта, либо ледниковыми образованиями горных ледников подпорожского

<sup>1</sup> Калинин М. М., Семенов Е. Н., Дуракова А. Б. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 и геохимические поиски на редкие металлы и апатит масштаба 1:50 000 в пределах Ловозерского массива и его обрамления на площади 1000 кв. м. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1981.

<sup>2</sup> Лихачев А. С., Чувардинский В. Г. Отчет о поисках богатых россыпей лопарита в предгорьях Ловозерских тундр в 1975–1979 гг. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1979.

<sup>3</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозерских тундр за 1971–74 гг. 1975.

<sup>4</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках лопарита и каолиновых глин в северных предгорьях Ловозерского массива в 1967–68 гг. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1969.

горизонта. Они фациально замещаются флювиогляциальными отложениями осташковского горизонта, перекрываются осташковской основной мореной покровного ледника. Взаимоотношения морен горного и покровного ледников сложные: граница между моренами иногда хорошо читается по резкой смене петрографического состава, но в некоторых случаях смена петрографического состава крупнообломочной составляющей происходит постепенно.

Основная морена горных ледников Ловозёрских тундр представлена несортированными валунно-галечными супесями серыми, желтовато-серыми, зеленовато-серыми. Морена включает линзы и прослои галечно-гравийных песков. Песок эгирин-кварц-полевошпатовый. Грубообломочный материал (50–70 %, преобладает галька) средней окатанности, представлен преимущественно ловозерскими луявритами, фойяитами, присутствуют гнейсы, хибиниты, породы основного состава. Мощность основной морены горных ледников Ловозёрских тундр достигает 15 м.

В северных предгорьях песчаная фракция (0,1–2,0 мм) включает (%): полевые шпаты (49,8), эгирин (31,0), нефелин (14,3), кварц (2,6), лопарит (0,36). В южных предгорьях содержание лопарита в морене колеблется от 0,4 до 5,6 кг/м<sup>3</sup>, среднее — 2,0 кг/м<sup>3</sup>, отложения входят в состав продуктивной россыпи.

Спорово-пыльцевые комплексы морен горных ледников отражают колебания климата. Например, в спорово-пыльцевом комплексе морены горных ледников Ловозёрских тундр (скв. 38 пр. 480) с глубины 2,0–11,0 м наблюдается резкое падение содержания пыльцы древесных растений (в среднем 45 %) и возрастание пыльцы трав (до 30 %) и спор (до 35 %). Среди пыльцы древесных растений доминирует пыльца сосны и березы, в единичных случаях — пыльца ели и ольхи. Необходимо отметить, что палинологические спектры отражают растительность части близлежащего региона, свободной от льдов.

Травянистые растения представлены преимущественно пылью полыни, злаковых и вересковых. Наиболее разнообразно представлены споровые растения: *Polypodiaceae*, *Sphagnum*, *Bryales*, *Lycopodium clavatum*, *Lycopodium complanatum*, *Lycopodium selago*, *Lycopodium pungens*, *Lycopodium appressum*, *Selaginella selaginoides*, *Ophioglossum*. Изученный комплекс, по заключению палинолога Л. Гайгеровой<sup>1</sup>, отражает резкое похолодание и растительность, сформировавшуюся в суровых условиях приледниковья.

В этом же разрезе спорово-пыльцевой комплекс образований, вскрытых скв. 38 пр. 480 с глубины 0,1–2,0 м (супеси), характеризуется, по сравнению с комплексом на глубине 2,0–11,0 м, возрастанием содержания пыльцы древесных растений (до 60–70 %) при значительном содержании пыльцы трав (15–25 %) и спор (12–20 %). Древесные растения представлены пылью березы и сосны. Травянистые растения представлены пылью вересковых, в меньшем количестве — полыни и злаков. Среди споровых растений преобладают *Polypodiaceae* и разнообразные *Lycopodiaceae*. Изученный

комплекс, по заключению Л. Гайгеровой<sup>1</sup>, отражает некоторое смягчение климата по сравнению с предыдущим периодом того же оледенения, описанного выше, и, возможно, соответствует периоду позднеледниковья.

**Морена основная осташковского горизонта, сформированная покровным Скандинавским ледником**, представлена несортированными глинистыми песками, серыми кварц-полевошпатовыми, разнотонными, супесями (редко — суглинками) с глыбами, валунами, галькой средней и хорошей окатанности, отломами и щебнем. В петрографическом отношении преобладают гнейсы, присутствуют луявриты, фойяиты, амфиболиты. Слои различаются содержанием валунов — от единичных до 50 %. Содержание крупнообломочного материала в глинистых песках, супесях, суглинках — от 5–10 %, в среднем — 15–20 %, редко достигает 30–60 %. Местами встречаются сплошные свалы крупных валунов и глыб гнейсов.

В ловозерских предгорьях в некоторых разрезах выделены «нижняя» (os<sup>1</sup>) и «верхняя» (os<sup>2</sup>) осташковские морены покровного ледника. «Нижняя» покровная морена осташковского горизонта характеризуется преобладанием обломочного материала гнейсового состава, присутствуют ловозерские и хибинские сиениты. Представлена валунно-галечными супесями, валунно-галечными глинистыми песками буровато-серого, серого цвета с линзами галечных песков. Содержание валунов достигает 40 %. Песчаная фракция имеет следующий состав: полевые шпаты — 72,1 %, эгирин — 12,8 %, нефелин — 6,0 %, кварц — 9,9 %, лопарит — 0,2 %, слюда — 2,0 %. Содержание лопарита невысокое — от 0,0 до 2,3 кг/м<sup>3</sup>. Палинологически морена изучалась в скв. 24 пр. 56, в интервале от 29,0–25,8 м. Исследовалось восемь образцов из валунно-гравийных супесей и валунников, залегающих на коре выветривания предположительно неогенового возраста<sup>1</sup>. Мощность «нижней» морены до 6,5 м.

«Нижняя» морена покровного ледника (рис. 2) в ловозерских предгорьях подстилается подпорожским флювиогляциалом, мореной горных ледников, перекрыта флювиогляциалом и мореной горных ледников. Палинологически «нижняя» морена охарактеризована в скв. 40 пр. 56, в интервале 17,0–19,5 м, сложена галечно-валунными супесями (палинологи Н. Васильева, Л. Гайгерова<sup>1</sup>). В общем составе преобладает пыльца древесно-кустарниковой группы — до 93 %; пыльца трав — до 7–17 %; споры отсутствуют.

Внутри древесной группы от 50 до 60 % составляет пыльца березы, меньше — сосны (30–40 %). Пыльца ольхи и ели имеет подчиненное значение; пыльца широколиственных отсутствует. Среди пыльцы березы отмечено наибольшее для разреза содержание пыльцы кустарниковых форм, в частности, карликовой березки (*Betula nana*). Видовые определения берез затруднены из-за их сильной гибридизации.

<sup>1</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозерских тундр за 1971–74 гг. 1975.

Среди травянистых единично отмечена пыльца в основном разнотравья (сем. сложноцветные, гречишные и др.). Необходимо отметить, что большое количество зерен пыльцы берез морфологически деформированы; присутствуют пыльца и споры, переотложенные из более древних четвертичных горизонтов.

**Флювиогляциальные отложения осташковско-го горизонта, сформированные горными ледниками**, широко развиты в предгорьях. Они представлены валунно-галечными песками, песками с галькой и гравием. Подстилаются мореной осташковского покровного ледника, перекрываются, подстилаются, а также замещаются по латерали мореной того же возраста. Наблюдается грубая слоистость, мощность прослоев 1,5–5,0 м, границы между ними отчетливые (скв. 87 пр. 0–0, опорная скважина 10). Пески серые разнотернистые промытые эгирин-кварц-полевошпатовые. Окатанность крупнообломочного материала средняя и хорошая, по составу преобладают эвдиалитовые луниты, фойиты, присутствуют гнейсы. Мощность — до 8 м.

**Сложнопостроенная толща переслаивающихся морен и флювиогляциальных отложений осташковского горизонта, сформированных горными ледниками** перед последним проникновением покровного скандинавского ледника на предгорные равнины, развита как на северных, так и на южных склонах Ловозёрских тундр. Она залегает на доледниковом делювии, основной морене («нижней») покровного ледника, перекрыта основной («верхней») мореной покровного ледника. Мощность толщи морен и флювиогляциальных отложений достигает 20 м и, возможно, более.

Отложения объединяют **до четырех пар отложений** — морены и флювиогляциала — в северных предгорьях (скв. 20, 24 пр. 56). Границы между слоями резкие. Морены представлены валунными зеленовато-серыми, темно-коричневыми супесями, флювиогляциал — песками с галькой, валунами, гравием, песчано-галечным материалом с валунами и гравием. Содержание валунов в моренах составляет 10–15 % (луниты, фойиты, гнейсы, амфиболиты), во флювиогляциальных отложениях — не более 10 %. Пески флювиогляциальных отложений промытые серые крупнозернистые либо зеленовато-серые разнотернистые, зеленовато-коричневые среднезернистые.

Палинологическая характеристика получена для супесчано-галечно-гравийных и валунно-галечно-гравийных отложений (скв. 20 пр. 56, гл. 14,7–0,0 м)<sup>1</sup>. Достаточное для подсчета количество пыльцы и спор определено в толще переслаивающихся песков, насыщенность образцов пыльцой и спорами очень неравномерная (от 50 до 200 зерен на препарат). Сохранность пыльцы различная. Наряду с хорошей отмечена фоссилизированная пыльца — уплощенная, со стекляннным блеском, с неясным рисунком споровых камер. Особенно это относится к пыльце родов *Betula*, *Alnus* и широколиственных пород, ввиду чего видовые определения пыльцы были затруднены. Пыльца *Betula* sp. определена до секции (*Betula* sect. *Albae* и *Betula* sect. *Fruticosae*),

пыльца *Alnus* sp. — до рода. Вся пыльца широколиственных пород (*Carpinus*, *Quercus*, *Tilia*) истерта, со следами механических повреждений, что дает основание считать ее переотложенной, тем более что в ее распределении по разрезу нет закономерности. Вся встреченная пыльца, независимо от сохранности, вошла в состав спектров.

В разрезе по скв. 24 пр. 56<sup>1</sup> в толще переслаивающихся гравийно-галечных, валунных, гравийно-галечно-песчаных и супесчаных отложений можно выделить два спорово-пыльцевых комплекса.

I комплекс (гл. 14,7–11,3 м). В общем составе господствует пыльца древесных пород (74–94 %). С глубины 12,3 м пыльца древесных уступает место спорам, которые становятся господствующими (53–79 %). Незначительный процент составляет пыльца трав (6 %).

Преобладает пыльца *Pinus sylvestris* L. (52–75 %). Второе место по количеству принадлежит пыльце *Betula* sp. (17–40 %). Пыльца *Picea* sect. *Eupicea* составляет от 1 до 15 %. Определена пыльца широколиственных пород — *Quercus* sp. и *Corylus* sp. В недостаточном для подсчета количестве определена пыльца трав. Чаще встречается пыльца сем. *Ericaceae*.

В группе спор господствуют папоротники из сем. *Polypodiaceae* (90–94 %). Небольшой процент составляют споры *Lycopodium* sp. лесных (*Lycopodium clavatum* L., *Lycopodium annotinum* L.) и тундровых видов (*L. selago*, *L. pungens*). Определены споры *Selaginella selaginoides* (L.) Link.

Описанный комплекс относится к лесотундровому типу растительности, когда произрастали сосновые леса с участием березы и ели. Незначительную роль играли тундровые ценозы, состоящие из карликовой березы, папоротников, плаунов и селлагинелл. Верхняя граница комплекса проводится по резкому увеличению пыльцы берез, уменьшению пыльцы сосны и ели.

II комплекс (гл. 11,3–9,3 м). В общем составе доминируют споры (53–67 %). Пыльца древесных пород составляет от 31 до 45 %. Незначительный процент составляет пыльца трав (1,4–2,5 %). Господствует пыльца *Betula* sp. (47–77 %). Пыльца *Betula* sect. *Albae* преобладает (до 65 %), тогда как *Betula* sect. *Fruticosae* составляет 11 %. Пыльца *Pinus sylvestris* L. отмечена от 20 до 40 %, *Picea* sect. *Eupicea* — не более 2,2 %.

Определена пыльца широколиственных пород — *Quercus* sp., *Tilia* sp. Содержание пыльцы *Alnus* sp. и *Corylus* sp. — соответственно 2–17 % и 2–4 %. Отмечена пыльца *Alnaster*. Пыльца трав по-прежнему единична, преобладает пыльца сем. *Ericaceae* и *Chenopodiaceae*.

Господствуют споры папоротников из сем. *Polypodiaceae* (89–100 %). Отмечены споры *Sphagnum* (1–8 %) и *Lycopodium* sp. лесных (*L. clavatum* L., *L. complanatum* L.) и тундровых видов (*L. selago* L.). Единично определены споры *Equisetum* sp. и *Botrychium boreale* L. Данный комплекс относится к тундрово-лесотундровому типу растительности, когда произрастали редкостойные березовые леса. Открытые

<sup>1</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозёрских тундр за 1971–74 гг. 1975.

пространства занимали тундровые ценозы из карликовой березы, папоротников, плаунов и *Botrychium boreale* L. Верхняя граница комплекса проведена по сокращению спор в общем составе, уменьшению пыльцы берез.

Таким образом, результаты спорово-пыльцевого анализа, по заключению В. Ф. Салтыковой, позволяют расчленить изученную часть разреза:

1) гл. 14,7–11,3 м — аллередское время позднеледниковья;

2) гл. 11,3–9,3 м — пребореальное время.

**«Верхняя» морена осташковского горизонта, сформированная покровным ледником**, покрывает значительную часть предгорий, залегает на осташковских образованиях (чередующейся морене и флювиогляциале) горного ледника, перекрыта флювиогляциалом покровного ледника, мореной или флювиогляциалом горного, самого позднего ледника, голоценовыми отложениями.

Выше границы распространения «верхней» морены на склонах и вершинах гор встречаются лишь эрратические валуны гнейсов, оставленные более ранними фазами оледенений. Верхняя граница морены в пределах Ловозёрских тундр понижается с юго-запада на северо-восток. В северных предгорьях «верхняя» морена представлена валунно-галечными супесями, глинистыми песками. Содержание окатанных глыб, валунов, как и в «нижней» морене, достигает 40 %, локально отмечаются сплошные свалы валунов, глыб гнейсов. В составе обломочного материала преобладают гнейсы, гранитогнейсы, встречаются хибинские нефелиновые сиениты.

Песчаная фракция «верхней» морены северных предгорий Ловозёрского массива несколько отличается от «нижней»: полевые шпаты — 38,5 %, кварц — 30,8 %, эгирин — 15,6 %, нефелин — 12,9 %, лопарит — 0,03 %. Содержание лопарита также низкое — 0,0–2,0 кг/м<sup>3</sup>.

Вблизи юго-западных склонов Ловозёрских тундр литология «верхней» морены разнообразнее. В нижней части она представлена супесями серыми, бурыми с галькой, гравием, в верхней — супесями серыми с относительно более высоким содержанием песка. Слоистость невыдержанная, грубая, слоистость различается изменениями гранулометрического состава как мелкой, так и крупной фракций. Валунный состав составляет до 30 %, галька — до 20 %; окатанность средняя. В крупнообломочном материале преобладают гнейсы, присутствуют эвдиалитовые луавриты, луавриты, фойяиты, пойкилитовые нефелиновые сиениты.

Вблизи гор мощность «верхней» морены редко превышает 10 м, а на равнинных участках достигает 15 м и более.

В предгорьях и в нижних частях склонов широко развиты **краевые морены осташковского горизонта, сформированные покровным ледником**. Они представлены валунными супесями. По сравнению с основной мореной, в конечно-моренных грядах отмечается более пестрый валунный состав, более высокое содержание крупнообломочного материала, в строении участвуют линзы песчано-гравийно-галечных отложений. Мощность — до 25 м.

**Флювиогляциалы осташковского горизонта, сформированные покровным ледником**, сложены разнозернистыми песками с гравием и галькой, гравийно-галечно-валунным материалом.

**Морена краевая осташковского горизонта, сформированная горными ледниками** после таяния льдов покровного ледника, развита в виде серии гряд, перегораживающих долины рек. Гряды сложены несортированными валунными супесями, обломочный материал слабо окатан.

В южных предгорьях Ловозёрских тундр краевая морена слагает гряды и холмы вблизи подножий гор Энгпорр и Суолуайв, вскрывается скважинами в северной части Райяврского участка (скв. 0–40 пр. 40<sup>1</sup>). В западных предгорьях краевой мореной сформированы конечно-моренные холмы и гряды ур. Три Богатыря. Мощность морены достигает 20 м.

Наиболее полным для восстановления **истории последнего оледенения** в районе Ловозёрских тундр является разрез по скв. 40 пр. 56. В нем можно проследить эволюцию спектров от начала осташковского похолодания — времени формирования горных ледников, когда покровный ледник не достиг склонов Ловозёрских тундр (I спорово-пыльцевой комплекс). Отложения покровного ледника («нижней» морены — g<sub>op</sub>lllos<sup>1</sup>) характеризуются II спорово-пыльцевым комплексом. Чередующиеся флювиогляциал и морены горных ледников вмещают III–VI комплексы: нижний (в этом разрезе) флювиогляциал горного ледника, сформированного во время относительного потепления, — III спорово-пыльцевой комплекс; верхний (в этом разрезе) флювиогляциал горного ледника, сформированного также во время относительного потепления, — IV спорово-пыльцевой комплекс. V спорово-пыльцевой комплекс отвечает похолоданию, во время которого вновь формировались морены горных ледников. VI спорово-пыльцевой комплекс, полученный из горных флювиогляциальных отложений, оказался близок к современным комплексам (палинологи Н. Васильева и Л. Гайгерова<sup>2</sup>). Ниже приведена подробная характеристика спектров.

Образования горного оледенения, сформированные в начале осташковского похолодания, до приближения Скандинавского покровного ледника к Ловозёрским тундрам, представленные галечно-валунными супесями (20,9–30,4 м), были изучены по 11 образцам. Большая их часть характеризовалась чрезвычайно обедненными спорово-пыльцевыми спектрами (I спорово-пыльцевой комплекс) с единичными зёрнами пыльцы и спор растений четвертичного возраста. В большом количестве микрофоссилии были отмечены в четырех образцах. Изученные спектры однотипны, в них доминирует пыльца древесных растений (80–90 % от общего количества пыльцы и спор). Доля пыльцы травянистых растений колеблется в пределах 5–15 %, а спор — 2–10 %. Древесная

<sup>1</sup> Лихачев А. С., Чувардинский В. Г. Отчет о поисках богатых россыпей лопарита в предгорьях Ловозёрских тундр в 1975–1979 гг. // ФГУ «ТФИ по Мурманской области», 1979.

<sup>2</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозёрских тундр за 1971–74 гг. 1975.

растительность представлена преимущественно пылью березы. В меньшем количестве встречается пыльца сосны, ольхи, единично — пыльца ели, лещины, вяза, липы. Немногочисленная пыльца травянистых представлена преимущественно зернами злаков, полыни, маревых; среди спор преобладают папоротники, зеленые и сфагновые мхи, плауны.

Неудовлетворительная сохранность микрофоссилий, отсутствие какой-либо закономерности в формировании растительности, экологическая несовместимость некоторых компонентов спектра дают основание полагать, что часть микрофоссилий является переотложенной. Преобладание обедненных спектров в комплексе свидетельствует об угнетении растительности.

Образованиям «нижней» **морены покровного ледника** (галечно-валунные супеси) отвечает II спорово-пыльцевой комплекс, выделенный на интервале 17,0–19,5 м. Этот комплекс описан ранее.

Следующие спектры отвечают **горному оледенению**, развивавшемуся в условиях неоднократных потеплений–похолоданий осташковского времени. Нижнему (в этом разрезе) флювиогляциалу горного ледника, сформированному во время относительно потепления, соответствует III спорово-пыльцевой комплекс, который выделен из валунно-галечных песков, мелко-среднезернистых, с прослоями супесей и валунных галечников (11,0–17,0 м).

В спектре резко сокращается содержание пыльцы древесно-кустарниковой группы (10–12%) за счет соответствующего увеличения доли пыльцы травянистых (65–90%). Высокое содержание пыльцы разнотравья в комплексах объясняется частой встречаемостью пыльцы одного вида — *Centaurea cyanus* L. из семейства сложноцветных, вероятно, из рассыпавшегося пыльника.

Верхнему (в этом же разрезе) флювиогляциалу горного ледника, сформированному также во время относительно потепления, отвечает IV спорово-пыльцевой комплекс (6,0–11,0 м). Для данного комплекса по сравнению с предыдущими характерны следующие существенные изменения. Так, в общем составе снова превалирует пыльца древесно-кустарниковой группы — 95–60% (уменьшаясь вверх по разрезу). В составе древесных значительно увеличивается пыльца сосны — 40%, ели — до 10–15%, с максимумом на глубине 10,3 м (до 23%). С повышенным содержанием пыльцы сосны и ели связаны встреченные зерна широколиственных: дуба, вяза, лещины, и в образце с максимумом пыльцы ели — зерно пыльцы граба (переотложение?). Одновременно среди пыльцы березы уменьшается содержание ее кустарниковых и кустарничковых видов. Пыльца травянистых представлена единичными зернами злаковых, вересковых, полыней и сложноцветных. Количество последних уменьшается вверх по разрезу. В общем составе по сравнению с предыдущими комплексами возрастает участие спор — до 20–40%, представленных папоротникообразными. Единично отмечены споры плаунов и сфагновых мхов. Выше по разрезу в образце из галечно-гравийного прослоя спор и пыльцы обнаружено не было.

Верхней морене горного ледника (в этом разрезе) — валунно-галечным супесям — соответствует V спорово-пыльцевой комплекс, выделенный условно (1,8–6,0 м). В спектрах комплекса снова усиливается значение пыльцы сережкоцветных; доминирует пыльца березы, увеличивается содержание кустарниковых видов, в том числе карликовой березки. Одновременно, за исключением единичных зерен лещины, исчезает пыльца широколиственных. Повышается содержание пыльцы сосны — до 10%. Среди травянистых постоянно отмечается пыльца ксерофитов, как полыни, так и маревых, а также злаков, реже — осоковых и разнотравья. Среди спор наряду с папоротникообразными усиливается содержание спор плаунов и спор зеленых мхов.

В самом верхнем образце разреза — из горных флювиогляциальных отложений (бурых среднезернистых песков) — получен VI спорово-пыльцевой комплекс, который оказался близок к современным комплексам, поэтому не исключено заражение. Спектр его резко отличается от комплексов, описанных выше. Для общего состава характерно почти одинаковое содержание спор и пыльцы древесных пород. В составе древесных резко доминирует пыльца сосны — 60%. Содержание березовых уменьшается до 30%. Единично отмечена пыльца ольхи и ели. Среди березовых относительно велико содержание пыльцы кустарничковых видов. Характерно изменение в составе травянистых: преобладает пыльца вересковых. Отмечена пыльца злаков и маревых. Споры на 90% представлены плаунами с большим видовым разнообразием. Комплекс характеризует растительность несомкнутых лесов смешанного березово-соснового состава. В травянистом покрове преобладающим компонентом является вереск.

Анализируя результаты спорово-пыльцевых анализов верхней половины разреза скв. 40, Н. Васильева и Л. Гайгерова<sup>1</sup> сделали следующие выводы: объединенные спектры II–III комплексов отражают произрастание березовых и сосновых редколесий, где на более дренированных участках произрастала сосна. Травянистый покров представлен разнотравьем с незначительным участием злаков, маревых, полыней. Подобные растительные ассоциации отражают климатические условия начала потепления, максимум которого приходится на среднюю часть разреза — комплекс IV. Спектры IV комплекса отвечают фазе березово-сосновых лесов с елью (максимум ели для данного разреза) и редким участием широколиственных. Это характеризует наиболее благоприятные климатические условия. И, наконец, спорово-пыльцевой комплекс верхней части диаграммы (комплекс V) указывает на произрастание березовых редколесий со значительным участием карликовой березки. Деградация растительности, отраженная в спектрах данного комплекса, вероятно, является результатом изменения климатических условий в сторону похолодания. Сумма палинологических данных по II–V комплексам позволяет отметить цикличность в развитии растительности,

<sup>1</sup> Лихачев А. С. Отчет о поисках россыпей лопарита в северных предгорьях Ловозерских тундр за 1971–74 гг. 1975.

похожую на межстадиальную. При этом необходимо учитывать, что:

- видовые определения пыльцы берез были крайне затруднены из-за большого количества морфологически деформированных зерен;

- присутствие пыльцы и спор современных растений, а также переотложенных из более древних четвертичных горизонтов, осложняет выделение «инсигного» комплекса, а следовательно, интерпретацию результатов анализа.

На заключительных этапах осташковского оледенения (включая ранний голоцен) в горах продолжали развиваться ледники. **Морена основная осташковского горизонта — голоцена, сформированная горными ледниками**, представлена валунами и глыбами нефелиновых сиенитов или смесью разнозернистого, иногда пылеватого песка, гравия, дресвы и глыб. Морена залегает преимущественно на коренных породах, в нее вложены голоценовые отложения, и она замещается склоновыми образованиями. Ее мощность изменяется от первых метров до 25 м, составляя в среднем 7 м.

**Морена краевая осташковского горизонта — голоцена, сформированная горными ледниками**, замыкает днища каров, перегораживает долины рек, представлена хаотическими нагромождениями глыб, отломов с незначительным содержанием мелкозема, чем отличается от основной морены. Отломы и глыбы отражают состав местных пород. В образования краевой морены вложены голоценовые аллювиальные отложения, замещаются и перекрываются коллювием. Исчезновение каровых ледников произошло не позднее конца бореального периода<sup>1</sup>. Мощность достигает 40 м.

**Флювиогляциальные отложения осташковского горизонта — голоцена, сформированные горными ледниками**, представлены желтовато-серыми крупно- и среднезернистыми песками с гравием и галькой. Распространены незначительно, встречаются на некотором удалении от ригелей, устьев каров Ловозёрских тундр в виде пятен и полос различного размера. Мощность — до 15 м.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В периоды похолоданий в позднем неоплейстоцене (подпорожское и осташковское время) с северо-запада наступал покровный Скандинавский ледник. В Ловозёрских тундрах развивались горные ледники. В максимумы оледенений льды горных ледников перекрывались льдами Скандинавского. В периоды потеплений (микулинское, ленинградское) ледники отступали, и формировались озерные, аллювиальные и склоновые отложения.

Если принять пару флювиогляциал–морена в толщах их переслаивания за индикатор осцилляторного потепления–похолодания, то история подпорожского оледенения представляется следующим образом. На первом этапе в Ловозёрских тундрах формировались горные ледники. Затем динамично продвигавшийся покровный ледник перекрывал их (оставались ли при этом открытыми вершины гор, неясно).

Развивавшееся позднее потепление привело к деградации покровного ледника, однако горные ледники лишь сократились и в последующие похолодания активизировались. После отступления покровного ледника насчитывается шесть таких похолоданий.

В ленинградское время формировались озера, частично они заторфовывались.

Во время последнего (осташковского) оледенения в Ловозёрских тундрах, до того как фронт Скандинавского ледника приблизился к центральной части Кольского полуострова, вновь формировались горные ледники. Позднее покровный ледник перекрывал не только льды горных ледников, но и вершинные поверхности. В период потепления, во второй половине осташковского времени, льды отступили к западу от Ловозёрских тундр. Последующие похолодания приводили к активизации горных ледников, но покровный ледник не достигал их подножий. Потепления приводили к формированию на склонах гор, в долинах толщ флювиогляциала, горные ледники отступали от периферии к верховьям долин. Насчитывается до четырех пар отложений, включающих морену и флювиогляциал, то есть происходило не менее четырех осцилляторных похолоданий–потеплений. В конце осташковского времени усилившееся похолодание позволило покровному леднику вновь достичь подножий Ловозёрских тундр и частично перекрыть льды горных ледников. На последних стадиях оледенения и в начале голоцена, когда Скандинавский ледник вновь отступил к западу, горные ледники выходили за пределы горных массивов, формировали стадийные морены в долинах, на последних этапах — в карвах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ разрезов четвертичных образований позволил восстановить историю оледенений позднего неоплейстоцена. Сценарии развития и взаимодействия покровного и горного оледенений в подпорожское и осташковское время близки. До распространения Скандинавского покровного ледника в пределы Ловозёрских тундр здесь формировались горные ледники, возможно, в максимальную стадию сливавшиеся в единый покров. Позднее, в период потепления, льды покровного ледника отступали на запад, и потепления–похолодания фиксировались уменьшением–увеличением мощности и площадей развития льдов горных ледников. В периоды потеплений более активно формировались флювиогляциальные отложения, в периоды похолоданий — морены.

Главных отличий подпорожского и осташковского оледенений два. Первое: в подпорожское время покровный ледник проникал в район Ловозёрских тундр только однажды, на начальной стадии

<sup>1</sup> Паничев В. В. Геологическое строение и полезные ископаемые Печенгской структуры и ее обрамления. Отчет о производстве геологического доизучения масштаба 1:50 000 с общими поисками на площади 2545 кв. км в пределах Печенгской структуры и ее обрамления в пределах листов R-35–96 Г-99 АБ, R-36–85 ВГ-86 ВГ-87 В, 97 АБ-98 АБВГ, 99АБ. 1995 // Фонды ФГУ.

похолодания, в осташковское время — дважды, при этом более поздний ледник уступал раннему и по мощности льдов, и по площади распространения. Второе отличие состоит в том, что в подпорожское время, после отступления ледника, фиксируется шесть примерно одинаковых похолоданий, а в осташковское — четыре, которые близки по интенсивности подпорожским, и пятое, более мощное, обусловившее повторное проникновение покровного ледника к Ловозёрским тундрам.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кудрявцев Н. Кольский полуостров. Физико-географический очерк, читанный въ общемъ собраніи Общества Естествоиспытателей 19 мая 1881 г.: (Описание поѣздки на Бѣлое море и перехода пѣшкомъ чрезъ перешеекъ Кольскаго полуострова 1880 г.) // Труды Санкт-Петербургскаго общества естествоиспытателей / под ред. И. Бородин. Т. 12, вып. 2. СПб.: Тип. В. Демакова, 1882. С. 233–267.
2. Кудрявцев Н. Орографическій характеръ Кольскаго полуострова (перешейка) въ связи съ ледниковыми явлениями и явлениями поднятія, размыванія и намыванія // Труды Санкт-Петербургскаго общества естествоиспытателей / под ред. И. Бородин. Т. 14, вып. 1. СПб.: Тип. В. Демакова, 1883. С. 13–118.
3. Ramsay W. Über die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit // Fennia: Bulletin de la Société de Géographie de Finlande. 1898. Bd. 16, Nr. 1. S. 1–151.
4. Полканов А. А. Очерк четвертичной геологии северо-западной части Кольскаго полуострова // Труды Советской секции Международной ассоциации по изучению четвертичного периода (INQUA). Вып. 3. Л.; М., 1937. С. 63–80.
5. Апухтин Н. И. Стратиграфия четвертичных отложений Кольскаго полуострова и северной Карелии по новейшим исследованиям // Материалы по геологии и минеральным ресурсам Северо-Запада СССР. Вып. 1. Л.: Госгеолтехиздат, 1957. С. 68–82.
6. Лаврова М. А. Четвертичная геология Кольскаго полуострова. М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1960. 234 с.
7. История формирования рельефа и рыхлых отложений Северо-Восточной части Балтийскаго шита / С. А. Стрелков [и др.]; отв. ред. С. А. Стрелков, М. К. Граве. Л.: Наука, 1976. 164 с.
8. Четвертичный покров Балтийскаго шита / В. Г. Легкова [и др.]; под ред. В. В. Проскурякова, И. И. Краснова. Л.: Недра, 1987. 151 с.
9. Легкова В. Г., Семенова Л. Р., Москаленко П. Е. Государственная геологическая карта Российской Федерации: новая сер. Масштаб 1:1 000 000. Лист Q-(35)-37 — Кировск. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. 267 с.
10. Каплянская Ф. А., Тарноградский В. Д. Гляциальная геология: метод. пособие по изучению ледниковых образований при геологической съемке крупнаго масштаба. СПб.: Недра, 1993. 328 с.
11. Решение 2-го Межведомственнаго стратиграфическаго совещанія по четвертичной системе Восточно-Европейскаго платформы (Ленинград — Полтава — Москва, 1983 г.) с региональными стратиграфическими схемами. Л.: ВСЕГЕИ, 1986. 157 с.
12. Евзеров В. Я., Кошечкин Б. И. Палеогеография плейстоцена западной части Кольскаго полуострова. Л.: Наука, 1981. 105 с.
13. Евзеров В. Я. Специфика формирования маргинальных гряд поздневалдайскаго ледниковаго покрова в условиях арктическаго климата // Геоморфология. 1996. № 2. С. 64–71.
14. Евзеров В. Я., Хомутова В. И., Мёллер Я. Ё. Развитие последнего покровнаго оледененія в восточной части Кольскаго полуострова по материалам изучения озерных котловин // История плейстоценовых озер Восточно-Европейскаго равнины / гл. ред. В. А. Румянцев. СПб.: Наука, 1998. С. 47–54.
15. Евзеров В. Я., Горбунов Е. О., Колька В. В. Размещение месторождений и прогнозных запасов песка и песчано-гравийных смесей в связи со структурой и динамикой последнего ледниковаго покрова // Літасфера. 1998. № 9. С. 42–46.
16. Евзеров В. Я. Эволюция поздневалдайских (поздневейхельских) ледниковых шитов в Кольском регионе и районе западнаго Свалбарда // Вестник Воронежскаго государственнаго университета. Серия: Геология. 1999. № 8. С. 20–26.
17. Евзеров В. Я., Николаева С. Б. Пояса краевых ледниковых образований Кольскаго региона // Геоморфология. 2000. № 1. С. 61–73.
18. Евзеров В. Я. Размещение месторождений песка, песчано-гравийных смесей и легкоплавких глин Кольскаго региона в связи с дегляциацией // Вестник Воронежскаго государственнаго университета. Серия: Геология. 2000. № 9. С. 152–159.
19. Евзеров В. Я. Валдайское (вейхельское) оледенение в Кольском регионе // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морскаго перигляциала / отв. ред. Г. Г. Матишов. Кн. 1. Апатиты: Кол. науч. центр РАН, 2001. С. 20–34.
20. Евзеров В. Я. Опыт сравнительнаго анализа эволюции поздневейхельских ледниковых шитов в Кольском регионе и районе западнаго Свалбарда // Комплексные исследования природы Шпицбергена: сб. материалов междунар. конф. / под общ. ред. Г. Г. Матишова, Г. А. Тарасова. Апатиты, 2002. С. 29–32.
21. Гросвальд М. Г. Последриасовая (<10 тыс. лет назад) трансгрессия льда с Баренцева шельфа на северо-восток Европы // Доклады Академии наук. 1996. Т. 350, № 5. С. 687–691.
22. Гросвальд М. Г. Евразійские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики: опыт геоморфологическаго анализа палеогидрологических систем материка / отв. ред. В. М. Котляков. М.: Науч. мир, 1999. 117 с.
23. Гросвальд М. Г., Лаптева А. М. Кольский полуостров: следы раннеголоценовых сёрджей и потопов, вызванных коллапсом Карскаго ледниковаго шита // Материалы гляциологических исследований: хроника обсуждений / гл. ред. В. М. Котляков. Вып. 90. М., 2001. С. 20–29.
24. Никонов А. А. Об особенностях морены последнего оледенения в западной Лапландии // Известия Карельскаго и Кольскаго филиалов Академии наук СССР. 1958. № 2. С. 62–74.
25. Никонов А. А. Особенности строения озоз и вопросы палеогеографии позднеледниковья в южной части Печенгскаго района // Известия Карельскаго и Кольскаго филиалов Академии наук СССР. 1959. № 1.
26. Никонов А. А. Восстановление неотектоники и палеогеографии позднеледниковья с помощью эпйрогеническаго спектра в материковай части Кольскаго полуострова // Доклады Академии наук СССР. 1959. Т. 125, № 4. С. 866–869.
27. Никонов А. А. О стратиграфии морен и оледенениях в западной части Кольскаго полуострова // Вопросы геоморфологии и геологии осадочнаго покрова Кольскаго полуострова. Вып. 1. Апатиты: Изд-во Кол. фил. АН СССР, 1960. С. 134–135.
28. Никонов А. А. Закономерности формирования четвертичных (антропогеновых) образований на западе Кольскаго полуострова (бассейн р. Лотты): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Апатиты, 1960. 351 с.
29. Никонов А. А. О водно-ледниковых образованиях и ходе сокращения материковаго оледенения на северо-востоке Фенноскандии // Доклады Академии наук СССР. 1961. Т. 137, № 1. С. 150–153.
30. Никонов А. А. Различия в динамике и энергии севернаго и южнаго фронтов Скандинавскаго ледниковаго покрова // Доклады Академии наук СССР. 1961. Т. 137, № 2. С. 394–396.

31. Никонов А. А. Краевые образования и характер сокращения последнего ледникового покрова на северо-западе Кольского полуострова // Краевые формы рельефа материкового оледенения на Русской равнине : тр. Комиссии по изучению четвертичного периода / отв. ред. Г. И. Горецкий, И. К. Иванова, К. К. Орвику. Вып. 21. М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1963. С. 5–14.

32. Никонов А. А. Развитие рельефа и палеогеография антропогена на западе Кольского полуострова. М. ; Л. : Наука, 1964. 183 с.

33. Никонов А. А. Стратиграфия и палеография верхнего плейстоцена Кольского полуострова // Доклады Академии наук СССР. 1965. Т. 160, № 3. С. 689–692.

34. Никонов А. А. Краевые образования северной Фенноскандии и их соотношение с краевыми образованиями остальной Фенноскандии // Краевые образования материкового оледенения / ред. А. Б. Басаликас. Вильнюс : Минтис, 1965. С. 33–44.

35. Никонов А. А. Стратиграфия и палеогеография антропогена Кольского полуострова и прилегающих областей // Верхний плейстоцен : Стратиграфия и абсолютная геохронология : материалы совещ. 17–20 мая 1965 г. / отв. ред. В. П. Гричук [и др.]. М. : Наука, 1966. С. 92–105.

36. Никонов А. А. Стратиграфия плейстоцена Кольского полуострова // Советская геология. 1966. № 8. С. 26–37.

37. Новые данные о рыхлых отложениях и формировании рельефа Сейдозерского района (Ловозерские тундры) / М. К. Граве [и др.] // Рельеф и геологическое строение осадочного покрова Кольского полуострова / отв. ред. М. К. Граве. М. ; Л. : Наука, 1964. С. 5–47.

38. Арманд Н. Н. О последнем оледенении на северо-востоке Кольского полуострова // Вопросы геоморфологии и геологии осадочного покрова Кольского полуострова. Вып. 1. Апатиты : Изд-во Кол. фил. АН СССР, 1960. С. 1–15.

39. Арманд А. Д. Очерк формирования рельефа и четвертичных отложений Хибинских тундр // Вопросы геоморфологии и геологии осадочного покрова Кольского полуострова. Вып. 1. Апатиты : Изд-во Кол. фил. АН СССР, 1960. С. 32–84.

40. Граве М. К., Евзеров В. Я. Основные этапы формирования рельефа и рыхлых отложений Ловозерских тундр // Четвертичные отложения и грунтовые воды Кольского полуострова / отв. ред. М. К. Граве. М. ; Л. : Наука, 1964. С. 12–29.

41. Граве М. К., Евзеров В. Я., Егорова И. А. Межледниковые отложения в центральной части Кольского полуострова и boreальная трансгрессия // Доклады Академии наук СССР. 1965. Т. 160, № 3. С. 673–675.

42. Евзеров В. Я., Стрелков С. А. О взаимоотношении скандинавских ледниковых покровов с местными горными ледниками Ловозерских тундр // Природа и хозяйство Севера. Вып. 1. Материалы Первой науч. конф. Кол. отд. Геогр. о-ва СССР, дек. 1967 г. / отв. ред. И. Л. Фрейдин. Апатиты, 1969. С. 5–8.

43. Евзеров В. Я. Специфика формирования флювиогляциальных отложений в предгорьях при деградации ледниковых покровов // Природа и хозяйство Севера. Вып. 2. Ч. 1. Материалы Второй науч. конф. Север. фил. Геогр. о-ва СССР, март 1969 г. / отв. ред. И. Л. Фрейдин. Апатиты, 1970.

44. Буссен И. В., Сахаров А. С. Цирки Луяврурта // Рельеф и геологическое строение осадочного покрова Кольского полуострова / отв. ред. М. К. Граве. М. ; Л. : Наука, 1964. С. 63–67.

## REFERENCES

1. Kudryavtsev N. Kola Peninsula. Physiographic report from the general meeting of the Society of Naturalists on 19 May 1881: (Description of a trip to the White Sea and a walking trip across the Isthmus of the Kola Peninsula in 1880). *Transactions of Saint Petersburg Society of Naturalists* / Ed. I. Borodin. Vol. 12, no. 2. St. Petersburg: V. Demakov Printing House; 1882. P. 233–267. (In Russ.).

2. Kudryavtsev N. Orographic character of the Kola Peninsula (Isthmus) associated with glacial phenomena and phenomena of uplift, erosion, and alluviation. *Transactions of Saint Petersburg Society of Naturalists* / Ed. I. Borodin. Vol. 14, no. 1. St. Petersburg: V. Demakov Printing House; 1883. P. 13–118. (In Russ.).

3. Ramsay W. Geological development of the Kola Peninsula in the Quaternary period. *Fennia: Bulletin de la Société de Géographie de Finlande*. 1898; 16 (1): 1–151. (In Germ.).

4. Polkanov A. A. Review on the Quaternary geology of the north-western part of the Kola Peninsula. *Transactions of the Soviet section of the International Quaternary Association (INQUA)*. Vol. 3. Leningrad; Moscow; 1937. P. 63–80. (In Russ.).

5. Apukhtin N. I. Stratigraphy of Quaternary deposits of the Kola Peninsula and northern Karelia based on recent research. *Materials on geology and mineral resources of the North-West USSR*. Vol. 1. Leningrad: Gosgeoltekhizdat; 1957. P. 68–82. (In Russ.).

6. Lavrova M. A. Quaternary geology of the Kola Peninsula. Moscow; Leningrad: USSR Acad. of Sci. Publ. House; 1960. 234 p. (In Russ.).

7. History of the relief and loose sediments formation of the North-East Baltic Shield / S. A. Strelkov [et al.]; Publ. Eds. S. A. Strelkov, M. K. Grave. Leningrad: Nauka; 1976. 164 p. (In Russ.).

8. Quaternary cover of the Baltic Shield / V. G. Legkova [et al.]; Eds. V. V. Proskuryakov, I. I. Krasnov. Leningrad: Nedra; 1987. 151 p. (In Russ.).

9. Legkova V. G., Semenova L. R., Moskalenko P. E. State Geological Map of the Russian Federation. Scale of 1:200,000. Sheet Q-(35)-37 (Kirovsk). Explanatory note. St. Petersburg: VSEGEI; 2004. 267 p. (In Russ.).

10. Kaplyanskaya F. A., Tarnogradskiy V. D. Glacial geology: Manual on glacial formation research in large-scale geological mapping. St. Petersburg: Nedra; 1993. 328 p. (In Russ.).

11. Decision of the 2nd Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the Quaternary system of the Eastern European Platform (Leningrad — Poltava — Moscow, 1983) with regional stratigraphic schemes. Leningrad: VSEGEI; 1986. 157 p. (In Russ.).

12. Evzerov V. Ya., Koshechkin B. I. Pleistocene paleogeography of the West Kola Peninsula. Leningrad: Nauka; 1981. 105 p. (In Russ.).

13. Evzerov V. Ya. Features peculiar to marginal ridges formation of the late Valdai ice sheet under conditions of arctic climate. *Geomorphology*. 1996; (2): 64–71. (In Russ.).

14. Evzerov V. Ya., Khomutova V. I., Möller Ya. E. Development of the last glaciation in the East Kola Peninsula based on the lake basin research. *The history of Pleistocene lakes of the East European Plain* / Chief Ed. V. A. Rumyantsev. St. Petersburg: Nauka; 1998. P. 47–54. (In Russ.).

15. Evzerov V. Ya., Gorbunov Ye. O., Kolka V. V. Location of deposits and probable reserves of sands and sand-gravel mixes in the context of the structure and dynamics of the last ice sheet. *Litasfera*. 1998; (9): 42–46. (In Russ.).

16. Evzerov V. Ya. Evolution of the Late Valdai (Late Weichselian) ice sheets in the Kola region and West Svalbard area. *Proceedings of Voronezh State University. Ser.: Geology*. 1999; (8): 20–26. (In Russ.).

17. Yevserov V. Ya., Nikolaeva S. B. Marginal glacial formations of Kola region, North-West Russia. *Geomorphology*. 2000; (1): 61–73. (In Russ.).

18. Evzerov V. Ya. Location of deposits of sand, sand and gravel mixes, and fusible clays of the Kola region associated with deglaciation. *Proceedings of Voronezh State University. Ser.: Geology*. 2000; (9): 152–159. (In Russ.).

19. Evzerov V. Ya. Valdai (Weichselian) glaciation in the Kola region. *Sedimentological processes and evolution of the marine ecosystems in the conditions of marine periglacial* / Publ. Ed. G. G. Matishov. Bk. 1. Apatity: Kola Sci. Centre; 2001. P. 20–34. (In Russ.).

20. Evzerov V. Ya. Experience of comparative analysis of the Late Weichselian ice sheet evolution in the Kola region

and West Svalbard area. *Comprehensive Studies of the Nature of Spitsbergen: Proc. of the Intern. Conf.* / Eds. G. G. Matishov, G. A. Tarasov. Apatity; 2002. P. 29–32. (In Russ.).

21. Grosswald M. G. Post-Dryas (< 10 ka BP) transgression of the Barents Sea ice to North-East Europe. *Doklady Akademii Nauk.* 1996; 350 (5): 687–691. (In Russ.).

22. Grosswald M. G. Cataclysmic megafloods in Eurasia and the polar ice sheets: Experience of geomorphological analysis of continental paleohydrological systems / Publ. Ed. V. M. Kotlyakov. Moscow: Sci. World; 1999. 117 p. (In Russ.).

23. Grosswald M. G., Lapteva A. M. Kola Peninsula: Traces of Early Holocene surges and floods caused by the Kara Sea ice sheet collapse. *Proceedings of glaciological studies: Discussion chronicles* / Chief Ed. V. M. Kotlyakov. Vol. 90. Moscow; 2001. P. 20–29. (In Russ.).

24. Nikonov A. A. Moraine features in the last glaciation period in West Lapland. *Bulletin of the Karelian and Kola Branches of the USSR Academy of Sciences.* 1958; (2): 62–74. (In Russ.).

25. Nikonov A. A. Esker composition and late glaciation paleogeography in South Pechenga region. *Bulletin of the Karelian and Kola branches of the USSR Academy of Sciences.* 1959; (1). (In Russ.).

26. Nikonov A. A. The restoration of neotectonics and paleogeography of the Late glacial period with the aid of the epeirogenic spectrum in the continental part of the Kola Peninsula. *Reports of the USSR Academy of Sciences.* 1959; 125 (4): 866–869. (In Russ.).

27. Nikonov A. A. Moraine stratigraphy and glaciations in West Kola Peninsula. *Geomorphology and geology of the Kola Peninsula sedimentary cover.* Vol. 1. Apatity: USSR Acad. of Sci. Publ. House, Kola branch; 1960. P. 134–135. (In Russ.).

28. Nikonov A. A. Quaternary (anthropogenic) formation patterns in West Kola Peninsula (Lotta River basin): PhD diss. (Geology and Mineralogy). Apatity; 1960. 351 p. (In Russ.).

29. Nikonov A. A. Fluvio-glacial formations and the continental glaciation reduction process in North-East Fennoscandia. *Reports of the USSR Academy of Sciences.* 1961; 137 (1): 150–153. (In Russ.).

30. Nikonov A. A. Differences in dynamics and energy of the northern and southern fronts of the Scandinavian ice sheet. *Reports of the USSR Academy of Sciences.* 1961; 137 (2): 394–396. (In Russ.).

31. Nikonov A. A. Marginal formations and nature of the last ice sheet reduction in North-West Kola Peninsula. Marginal landforms of the continental glaciation in the Russian Plain: *Proceedings of the Quaternary Research Commission* / Publ. Eds. G. I. Goretskiy, I. K. Ivanova, K. K. Orviku. Vol. 21. Moscow: USSR Acad. of Sci.; 1963. P. 5–14. (In Russ.).

32. Nikonov A. A. Relief development and the Anthropogene paleogeography in the West Kola Peninsula. Moscow; Leningrad: Nauka; 1964. 183 p. (In Russ.).

33. Nikonov A. A. Stratigraphy and the Upper Pleistocene paleogeography of the Kola Peninsula. *Reports of the USSR Academy of Sciences.* 1965; 160 (3): 689–692. (In Russ.).

34. Nikonov A. A. Marginal formations of North Fennoscandia and their relationship with the marginal formations of the rest of Fennoscandia. *Marginal formations of continental glaciation* / Ed. A. B. Basalikas. Vilnius: Mintis; 1965. P. 33–44. (In Russ.).

35. Nikonov A. A. The Anthropogene stratigraphy and paleogeography of the Kola Peninsula and adjacent areas. *Upper Pleistocene. Stratigraphy and Absolute Geochronology: Meeting Proc. on 17–20 May 1965* / Publ. Ed. V. P. Grichuk [et al.]. Moscow: Nauka; 1966. P. 92–105. (In Russ.).

36. Nikonov A. A. Pleistocene stratigraphy of the Kola Peninsula. *Soviet Geology.* 1966; (8): 26–37. (In Russ.).

37. New data on loose sediments and relief formation in the Seydozero region (Lovozero tundra) / M. K. Grave [et al.]. *Relief and geological structure of the Kola Peninsula sedimentary cover* / Publ. Ed. M. K. Grave. Moscow; Leningrad: Nauka; 1964. P. 5–47. (In Russ.).

38. Armand N. N. The last glaciation in the North-East Kola Peninsula. *Geomorphology and geology of the Kola Peninsula sedimentary cover.* Vol. 1. Apatity: USSR Acad. of Sci. Publ. House, Kola branch; 1960. P. 1–15. (In Russ.).

39. Armand A. D. Essay on the relief and Quaternary deposits formation in the Khibiny tundra. *Geomorphology and geology of the Kola Peninsula sedimentary cover.* Vol. 1. Apatity: USSR Acad. of Sci. Publ. House, Kola branch; 1960. P. 32–84. (In Russ.).

40. Grave M. K., Evzerov V. Ya. Main stages of the relief and loose sediment formation in the Lovozero tundra. *Kola Peninsula Quaternary deposits and groundwater* / Publ. Ed. M. K. Grave. Moscow; Leningrad: Nauka; 1964. P. 12–29. (In Russ.).

41. Grave M. K., Evzerov V. Ya., Egorova I. A. Interglacial deposits in the central part of the Kola Peninsula and Boreal transgression. *Reports of the USSR Academy of Sciences.* 1965; 160 (3): 673–675. (In Russ.).

42. Evzerov V. Ya., Strelkov S. A. Relationship of the Scandinavian ice sheets with local mountain glaciers of the Lovozero tundra. *Nature and Economy of the North. Vol 1. Proc. of the First Intern. Conf. of the USSR Geogr. Soc., Kola Dep.*, Dec. 1967 / Publ. Ed. I. L. Freydin. Apatity; 1969. P. 5–8. (In Russ.).

43. Evzerov V. Ya. Specifics of fluvio-glacial deposit formation in the foothills during ice sheet degradation. *Nature and Economy of the North. Vol. 2. Pt. 1. Proc. of the Second Intern. Conf. of the USSR Geogr. Soc., North Branch*, March 1969 / Publ. Ed. I. L. Freydin. Apatity; 1970. (In Russ.).

44. Bussen I. V., Sakharov A. S. Luyavvurt glacial cirques. *Relief and geological structure of the Kola Peninsula sedimentary cover* / Publ. Ed. M. K. Grave. Moscow; Leningrad: Nauka; 1964. P. 63–67. (In Russ.).

## Людмила Риммовна Семенова

Кандидат геолого-минералогических наук,  
главный геолог, отдел региональной геологии  
и полезных ископаемых западных районов

Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

ljudmilasemenova@mail.ru

## Lyudmila R. Semenova

PhD (Geology and Mineralogy),  
Chief Geologist, Department of Regional Geology  
and Mineral Resources of Western Regions

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia

ljudmilasemenova@mail.ru

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** the author declares no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.06.2025  
Одобрена после рецензирования 17.11.2025  
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 19.06.2025  
Approved after reviewing 17.11.2025  
Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 550.93:552.58(470.23)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_57-68

**К вопросу о возрасте  
органогенных отложений разреза  
«Ленэнерго» (юго-восточное Приладожье)****А. П. Фоменко<sup>1-3</sup>✉, А. О. Аксенов<sup>1, 2, 4</sup>,  
В. Ю. Кузнецов<sup>1, 5</sup>, А. Ю. Петров<sup>1</sup>, Л. А. Савельева<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,  
[fomenko.antonina@gmail.com](mailto:fomenko.antonina@gmail.com)✉<sup>3</sup> Ботанический институт им. В. Л. Комарова Российской академии наук,  
Санкт-Петербург, Россия<sup>4</sup> Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
Санкт-Петербург, Россия<sup>5</sup> Российский государственный педагогический университет  
им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия**Ключевые слова:** река Оять, голоцен, торф, гиттия, спорово-пыльцевой анализ, радиоуглеродное датирование, Ладожская трансгрессия**Финансирование:** часть исследований выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-27-00273 «Оценка темпов снижения уровня Ладожского озера за последние 3000 лет по результатам абсолютного датирования береговых форм рельефа».**Для цитирования:** К вопросу о возрасте органогенных отложений разреза «Ленэнерго» (юго-восточное Приладожье) / А. П. Фоменко [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 57–68. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_57-68](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_57-68)

**Аннотация.** Разрез «Ленэнерго», расположенный в юго-восточном Приладожье на левом берегу р. Оять, играет ключевую роль в изучении голоценовых трансгрессий Ладожского озера. Возникшая неопределенность возрастных данных для органогенных отложений, приведенных в ранее опубликованных материалах, объясняет необходимость его повторного детального изучения комплексом палеогеографических методов. В статье представлены литологическая характеристика разреза, а также результаты детального спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования торфа и гиттии. Накопление органогенных отложений происходило в интервале от  $8900 \pm 150$  <sup>14</sup>С л. н. ( $9960 \pm 210$  кал. л. н.) до  $3530 \pm 80$  <sup>14</sup>С л. н. ( $3810 \pm 110$  кал. л. н.). В пребореальном периоде на территории накапливался торф, был распространен разреженный растительный покров. В бореальное время происходила аккумуляция гиттии, возраст которой датируется  $8420 \pm 90$  <sup>14</sup>С л. н. ( $9400 \pm 100$  кал. л. н.), а на окружающей территории доминировали сосново-березовые леса. На рубеже бореального и атлантического периодов зафиксирован перерыв в осадконакоплении продолжительностью не менее 3500 лет. Накопление гиттии продолжилось в условиях палеолагуны Ладожского озера в течение атлантического и суббореального периодов — от  $4880 \pm 200$  <sup>14</sup>С л. н. ( $5610 \pm 250$  кал. л. н.) до  $3530 \pm 80$  <sup>14</sup>С л. н. ( $3810 \pm 110$  кал. л. н.). Господствовали сосново-елово-березовые леса с примесью широколиственных пород. Для полной характеристики условий осадконакопления в юго-восточном Приладожье в течение голоцена представляется перспективным привлечение методов диатомового анализа и геохимических исследований.

Original article

UDC 550.93:552.58(470.23)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_57-68

© Фоменко А. П., Аксенов А. О.,  
Кузнецов В. Ю., Петров А. Ю.,  
Савельева Л. А., 2025**Age of organic-rich deposits  
in the Lenenergo section  
(southeastern Lake Ladoga region)****A. P. Fomenko<sup>1-3</sup>✉, A. O. Aksenov<sup>1, 2, 4</sup>,  
V. Yu. Kuznetsov<sup>1, 5</sup>, A. Yu. Petrov<sup>1</sup>, L. A. Savelieva<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia<sup>2</sup> All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia, [fomenko.antonina@gmail.com](mailto:fomenko.antonina@gmail.com)✉

<sup>3</sup> Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

<sup>4</sup> Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg, Russia

<sup>5</sup> The Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

**Keywords:** Oyat River, Holocene, peat, gyttja, pollen analysis, radiocarbon dating, Ladoga transgression

**Funding:** the Russian Science Foundation partly supported the research "Decline rate assessment of the Lake Ladoga level in the last 3,000 years after the coastal landform absolute dating" (project no. 23-27-00273).

**For citation:** Age of organic-rich deposits in the Lenenergo section (southeastern Lake Ladoga region) / A. P. Fomenko [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 57–68. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_57-68](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_57-68)

**Abstract.** The Lenenergo section located on the Oyat River left bank in the southeastern Lake Ladoga region is critical for studying the Holocene transgressions of Lake Ladoga. Uncertainty in the previously published organic-rich deposits age data substantiates the use of paleogeographic methods to reexamine them. The article presents lithological characteristics of the section as well as results of detailed pollen analysis and radiocarbon dating of peat and gyttja. The organic-rich deposits accumulation occurred from  $8,900 \pm 150^{14}\text{C}$  yrs BP ( $9,960 \pm 210$  cal BP) to  $3,530 \pm 80^{14}\text{C}$  yrs BP ( $3,810 \pm 110$  cal BP). On the territory, the Preboreal period marked peat accumulation and sparse vegetation cover. Gyttja, whose age was  $8,420 \pm 90^{14}\text{C}$  yrs BP ( $9,400 \pm 100$  cal BP), accumulated during the Boreal period and was characterized by dominance of pine and birch forests in the environment. The sedimentation hiatus lasting at least 3,500 years was revealed at the turn of the Boreal and Atlantic periods. Gyttja accumulation continued in the conditions of the Lake Ladoga paleolagoon during the Atlantic and Subboreal periods from  $4,880 \pm 200^{14}\text{C}$  yrs BP ( $5,610 \pm 250$  cal BP) to  $3,530 \pm 80^{14}\text{C}$  yrs BP ( $3,810 \pm 110$  cal BP). Pine, spruce, and birch forests with an admixture of broad-leaved species dominated. Diatom analysis and geochemical studies are projected to fully characterize sedimentation conditions in the southeastern Lake Ladoga region during the Holocene.

## ВВЕДЕНИЕ

Разрез «Ленэнерго» расположен в юго-восточном Приладожье на левом берегу р. Оять близ д. Оятский участок (ранее п. Ленэнерго, п. Свирьстрой, п. Линии Свирьстроя) (рис. 1). Он хорошо известен и неоднократно изучался в связи с уточнением палеогеографической обстановки археологических памятников южного Приладожья и установлением возраста Ладожской трансгрессии [1–14]. Его характерной особенностью является наличие относительно мощного слоя органогенных отложений (гиттия, торф), которые подстилаются песками и глинами верхне-неоплейстоценовых бассейнов, а перекрываются верхнеголоценовыми песками максимальной фазы поднятия уровня во время Ладожской трансгрессии [5; 6; 15]. Таким образом, органогенная толща выступает в качестве геологического маркера при стратификации отложений послеледниковья. Следовательно, точное определение возраста формирования данного слоя является актуальной задачей при изучении четвертичных отложений и истории южного Приладожья.

По-видимому, впервые разрез был обнаружен и описан К.К. Марковым в 1930-х гг., однако полученные им материалы не сохранились [15; 16]. Первое описание разреза и результаты спорово-пыльцевого анализа приведены в работе Г.Н. Лисицыной [5]. В расчистке мощностью ~11 м были вскрыты органогенные отложения, представленные плотным, хорошо разложившимся торфом мощностью 0,62 м. Он подстилается и перекрыт песчано-глинистыми образованиями. По результатам спорово-пыльцевого анализа, выполненного через каждые 10 см, торф сформировался в бореально-атлантическое время голоцена. По образцу из кровли торфа (с глубины

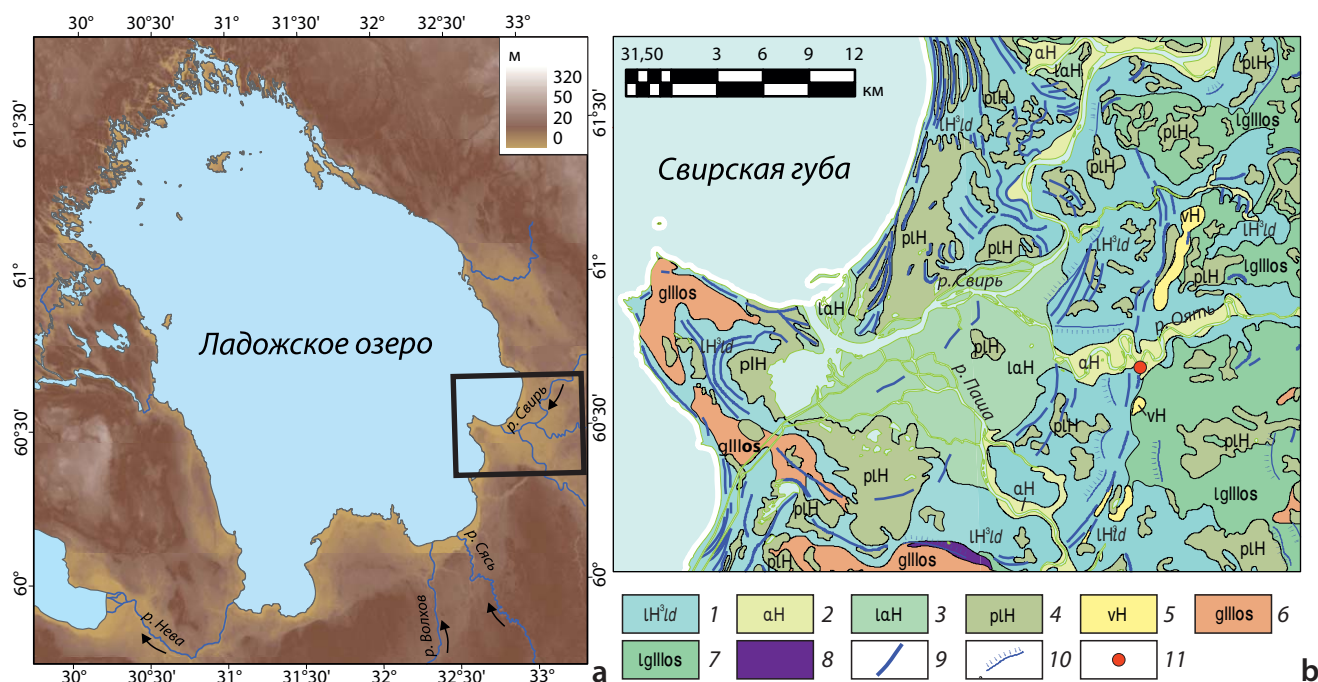
4,3 м от дневной поверхности), предоставленному Г.Н. Лисицыной, получен радиоуглеродный возраст  $7970 \pm 260^{14}\text{C}$  л. н. ( $8880 \pm 310$  кал. л. н.) [9]. Скорее всего, датированный образец был взят из разреза, изученного в 1961 г. Это значение возраста торфа использовалось и в других работах при палеогеографических реконструкциях, но без привязки к абсолютной отметке высоты [7; 8]. В дальнейшем эта дата указывается как полученная из кровли торфа [6], а в другой работе [3] — из подошвы торфа. Б.И. Кошечкин и И.М. Экман [4], описывая формирование болотных и озерных отложений на берегах Ладожского озера, приводят две датировки —  $7970 \pm 260^{14}\text{C}$  л. н. ( $8880 \pm 310$  кал. л. н.) и  $7960 \pm 230^{14}\text{C}$  л. н. ( $8860 \pm 280$  кал. л. н.) — как наиболее древние, полученные в разрезе у п. Ленэнерго на р. Оять на отметке 9,1 м абс. высоты. Это обстоятельство внесло еще большую путаницу в привязке этих дат к толще органогенных отложений разреза. Лабораторные номера этих двух датировок ни в первой, ни в последующих публикациях не приводятся, поэтому проверить их в архивах лаборатории, где они были получены, не представляется возможным.

В 1990 г. была опубликована датировка по обломку древесины из основания горизонта гиттии и торфа мощностью 0,65 м —  $5490 \pm 40^{14}\text{C}$  л. н. ( $6290 \pm 50$  кал. л. н.) [2]. В публикации И.В. Делюсиной [12] эта же датировка соотносится с подошвой гиттии, а по результатам спорово-пыльцевого анализа органогенной толщи, выполненного с разрешением 10–30 см, отложения формировались в суббореальное время. Позднее в этом же месте разрез был изучен вновь с целью выявления влияния гидрологических изменений на расселение человека в Приладожье. Из подошвы горизонта

торф–гиттия–торф мощностью 0,9 м получен возраст  $5860 \pm 70$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $6670 \pm 90$  кал. л. н.) [1; 13; 14].

Таким образом, в разрезе «Ленэнерго» вскрываются органогенные отложения, представленные торфом, гиттией или торфом с гиттией; их мощности варьируют, а результаты палинологических исследований не коррелируют с результатами радиоуглеродного анализа. Нет четкой ясности и в вопросе о возрастном интервале формирования органогенных отложений, а также об условиях окружающей среды времени их накопления. Это связано как с отсутствием четкой привязки границ отложений к абсолютным отметкам и достаточного количества радиоуглеродных датировок, так и с недостатком

детальных результатов микропалеонтологических исследований. При этом разрез является важным объектом для восстановления сложной гидродинамической обстановки конца позднего неоплейстоцена — начала голоцена, а также для реконструкции природной среды в период времени, непосредственно предшествующего началу Ладожской трансгрессии на территории юго-восточного Приладожья. С этой целью в настоящей работе приводятся новые данные о возрасте и условиях формирования органогенной толщи разреза «Ленэнерго», полученные методами радиоуглеродного датирования и детального спорово-пыльцевого анализа.



**Рис. 1. Местоположение разреза «Ленэнерго»**

**a** — район проведения полевых работ, цифровая модель рельефа, разрешение 30 м<sup>1\*</sup>; **b** — фрагмент карты четвертичных образований масштаба 1 : 200 000 листов Р-36-XXXIII, XXXIV: 1 — озерные образования Ладожской трансгрессии, 2 — голоценовые аллювиальные образования, 3 — голоценовые озерно-аллювиальные образования, 4 — голоценовые болотные образования, 5 — голоценовые эоловые образования, 6 — ледниковые отложения осташковского горизонта верхнего неоплейстоцена, 7 — ледниково-озерные образования осташковского горизонта верхнего неоплейстоцена, 8 — дочетвертичные образования, 9 — береговые валы, бары, 10 — абразионные уступы, 11 — местоположение разреза «Ленэнерго-2019»

Источник: **b** — по С. Д. Шведову<sup>2\*</sup>

**Fig. 1. Location of the Lenenergo section**

**a** — field work area, digital relief model, resolution of 30 m<sup>1\*</sup>; **b** — fragment of the Quaternary Formations map at a scale of 1:200,000, P-36-XXXIII, XXXIV sheets: 1 — lacustrine deposits of the Ladoga transgression, 2 — Holocene alluvium, 3 — Holocene limnoalluvium, 4 — Holocene palustrian deposits, 5 — Holocene aeolian deposits, 6 — glacial deposits of the Upper Pleistocene Ostashkov Horizon, 7 — glaciolacustrine deposits of the Upper Pleistocene Ostashkov Horizon, 8 — Pre-Quaternary deposits, 9 — longshore bars, bars, 10 — erosion scarps, 11 — Lenenergo section-2019 location

Source: **b** — from S. D. Shvedov<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup> Hawker L., Neal J. FABDEM V1-0. Дата обновления: 17.12.2021. URL: <https://doi.org/10.5523/bris.25wfy0f9ukoge2gs7a5mqpq2j7> (дата обращения: 06.08.2025).

<sup>2\*</sup> Шведов С. Д. ГДП-200 листов Р-36-XXXIII, XXXIV (Южно-Ладожская площадь). Отчет по Государственному контракту № К.41.2013.002 от 22.04.2013 // ФБУ «ТФГИ по СЗФО». № 520303.

<sup>1\*\*</sup> Hawker L., Neal J. FABDEM V1-0. Revision date: 17.12.2021. URL: <https://doi.org/10.5523/bris.25wfy0f9ukoge2gs7a5mqpq2j7> (accessed 06.08.2025).

<sup>2\*\*</sup> Shvedov S. D. Additional site appraisal (scale of 1:200,000), P-36-XXXIII, XXXIV sheets (South Ladoga area). Government contract report no. K.41.2013.002 dated 22.04.2013. Territorial Geological Data Bank in North-West Federal District. No. 520303.

## РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Группа разрезов «Ленэнерго» расположена в Пашско-Оятском междуречье юго-восточного Приладожья, на левом берегу р. Оять (рис. 1, а). В геоморфологическом отношении это обнажение представляет собой эрозионный уступ на левом берегу р. Оять, выполненный в отложениях террасированной равнины Ладжской трансгрессии (вторая терраса по К.К. Маркову [15]). Поверхность равнины полого наклонена с юго-востока на северо-запад в сторону Ладожского озера, максимальные отметки абсолютной высоты достигают 15–17 м. Она осложнена береговыми валами, вытянутыми параллельно современной береговой линии, с относительной высотой около 1–2 м. В межваловых понижениях формируются торфяники.

Дочетвертичные образования представлены вендскими, рифейскими и девонскими породами осадочного чехла Восточно-Европейской платформы [17]. Четвертичный покров сложен ледниковыми, флювиогляциальными, ледниково-озерными и эоловыми отложениями верхнего неоплейстоцена, а также озерными, лимноаллювиальными, аллювиальными и болотными отложениями голоцена [18] (рис. 1, б). В погребенных палеодолинах встречаются более древние отложения нижнего, среднего и верхнего неоплейстоцена [19]. Характерной особенностью района исследования является наличие погребенных органогенных отложений нижнего и среднего голоцена, представленных торфом и гиттией [10; 15].

Регион входит в подзону средней тайги, в которой доминируют сосновые лишайниковые и зеленомошные и елово-сосновые леса. В растительном покрове проявляются черты подзоны южной тайги — примесь широколиственных пород, а также наличие черноольховых топей [20]. Широко развиты болота различной трофности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2019 г. в рамках учебной научно-исследовательской практики по четвертичной геологии и геоморфологии Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета разрез «Ленэнерго» был вновь изучен. На левом берегу р. Оять, непосредственно под линиями электропередач, в береговом обрыве с абсолютной высотой бровки ~14 м, был вскрыт и описан разрез «Ленэнерго-2019» (60°27'45,4" с. ш., 33°11'33,3" в. д.). Относительная высота обнажения определена визуально от уреза воды и составила ~8 м, а затем привязана к абсолютной высоте уреза воды р. Оять, снятой с топографической карты. После зачистки обнажения были выполнены литологическое описание и фотодокументация разреза (рис. 2, а, 3). Затем произведен отбор образцов на радиоуглеродный и спорово-пыльцевой анализы в полиэтиленовые пакеты.

Методом спорово-пыльцевого анализа изучено 50 образцов с интервалом от 2 до 6 см не только из органогенной толщи, но и из подстилающих и перекрывающих ее отложений. Предварительная химическая

подготовка проб выполнена с применением методики, включающей обработку 10-процентным раствором соляной кислоты (HCl), затем 10-процентным раствором щелочи (NaOH), а также плавиковой кислотой (HF) для образцов, содержащих минеральные частицы [22]. Масса каждого образца составила 1–2 г. Для определения концентрации пыльцы в каждый образец были добавлены таблетки, содержащие споры *Lycopodium* [23]. Спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 3) построена с помощью пакета программ *Tilia/TiliaGraph/TGView*<sup>1</sup>. Процентное содержание каждого пыльцевого и спорового таксона рассчитано от суммы пыльцы наземных растений, за исключением водных. В каждом образце подсчитано в среднем от 150 до 450 пыльцевых зерен, за исключением нескольких образцов, отобранных из подстилающих и перекрывающих органогенные отложения песков. Определение пыльцы и спор проводилось с использованием атласов [24–27] и постоянной коллекции современной пыльцы Санкт-Петербургского государственного университета.

Методом радиоуглеродного анализа изучено 6 образцов органического материала, отобранных из подошвы, средней части и кровли гиттии, а также из прослая торфа. Определение радиоуглеродного возраста проведено с использованием жидкостного сцинтилляционного метода [28]. Значения календарного возраста получены на основании калибровочной программы *OxCal 4.4*<sup>2</sup> с применением калибровочной кривой *IntCal20* [29]. Все прямые конвенционные датировки, используемые в данной работе из опубликованных источников, откалиброваны с использованием этой же кривой.

Палинологические исследования и радиоуглеродный анализ выполнены в лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кёппена» Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Литологическое описание.** Мощность вскрытых в 2019 г. отложений составила 8,1 м. Снизу вверх от уреза р. Оять с абсолютной отметкой 6 м вскрыты следующие слои (рис. 2, а, 1):

- 1) 6,00–6,60 м — ленточные глины серо-коричневые с мощностью алевролитовых слоев 1–2 мм;
- 2) 6,60–7,50 м — пески мелкозернистые коричневатые-серые, слоистость неявная, верхний контакт несогласный, маркируется ожелезнением;
- 3) 7,50–10,00 м — пески крупнозернистые бежево-серые, в верхних 0,5 м наблюдается троговая слоистость, верхний контакт несогласный, со следами размыва;
- 4) 10,00–10,03 м — торф черный, хорошо разложившийся, верхний контакт несогласный, со следами размыва;

<sup>1</sup> Grimm E. C. TGView. Version 2.0.2. Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center, 2004.

<sup>2</sup> OxCal. Version 4.4. URL: <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html#> (дата обращения: 06.08.2025).

5) 10,03–10,09 м — гиттия темно-серая с примесью песков, слоистость тонкая горизонтальная, в нижней части включения обломков древесины, верхний контакт несогласный, со следами размыва;

6) 10,09–10,16 м — мелкозернистые бежево-серые пески с растительным детритом, количество которого уменьшается вверх по разрезу, горизонт размыва;

7) 10,16–10,87 м — гиттия, цвет меняется от светло-серого до серо-коричневого, волнисто- и горизонтально-слоистая, на 9,79–9,80 м прослой хорошо разложившегося аллохтонного торфа, верхний контакт несогласный, со следами размыва;

8) 10,87–11,70 м — переслаивание мелкозернистых песков бежево-серых и серых алевроитов с горизонтальной и волнистой слоистостью, на 10,04–10,08 м прослой растительного детрита, верхний контакт согласный, постепенный;

9) 11,70–12,20 м — пески мелкозернистые бежево-серые с флазерной слоистостью, наблюдаются линзы и прослои аллохтонного торфа, верхний контакт резкий, несогласный;

10) 12,20–13,30 м — пески мелкозернистые светло-серые косослоистые, верхний контакт несогласный, со следами размыва;

11) 13,30–13,90 м — пески мелкозернистые светло-серые с перекрестной слоистостью;

12) 13,90–14,10 м — почва.

Таким образом, органогенные отложения вскрыты в интервале от 10,00 до 10,87 м абс. высоты, а их мощность составила 0,87 м. В тексте статьи обсуждается формирование только тех отложений, для которых выполнены спорово-пыльцевой анализ и радиоуглеродное датирование, то есть в интервале глубин от 9,95 до 10,89 м абс. высоты (мощностью 0,94 м).

**Спорово-пыльцевой анализ.** Всего определено 48 таксонов пыльцы и спор. Кроме этого, зафиксированы цисты пресноводных зеленых водорослей *Pediastrum* и *Botryococcus*. Сохранность всех микрофитофоссилий хорошая. Изменения в составе спорово-пыльцевых спектров позволили выделить 5 пыльцевых зон (далее — ПЗ) (рис. 3). В образце из крупнозернистых песков на глубине 9,95 м микрофоссилии не обнаружены, поэтому он не отражен на диаграмме.

ПЗ 1 (10,00–10,03 м). В спектрах господствует пыльца трав, представленная в основном семейством Cyperaceae (до 76%). Количество пыльцы деревьев и кустарников колеблется от 21 до 43%. Преобладает пыльца *Pinus* (до 14%), *Betula* sect. *Albae* (2–10%) и *Betula nana* (до 15%). Встречены единичные пыльцевые зерна *Menyanthes trifoliata*. Группа споровых растений представлена в основном спорами *Sphagnum* (до 4%). Кроме того, отмечены единичные находки споровых зерен *Encalypta*, *Selaginella selaginoides*. Общая концентрация составила 25–59 тыс. пыльцевых зерен на 1 г осадка (п. з./г).

ПЗ 2 (10,03–10,09 м). Резко возрастает количество пыльцы деревьев и кустарников до 79–88%. Доминирует пыльца *Betula* sect. *Albae* (43–51%), *B. nana* (до 27%) и *Pinus* (до 21%). Присутствуют единичные пыльцевые зерна *Picea* и *Alnus*, а также термофильных пород деревьев и кустарников, таких

как *Ulmus* и *Corylus*. Содержание пыльцы *Artemisia* достигает 2%. Среди прибрежно-водной растительности появляется пыльца *Sparganium*. Увеличивается количество спор *Sphagnum* (до 26%) и Polypodiaceae (до 11%). Общая концентрация пыльцы резко возрастает до 1352 тыс. п. з./г.

ПЗ 3 (10,09–10,14 м). Пыльца и споры представлены единично. Встречаются пыльцевые зерна *Picea*, *Pinus*, *Betula* sect. *Albae*, *B. nana*, *Alnus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Corylus*, Cyperaceae, Poaceae. Кроме того, отмечены споры *Sphagnum* и Polypodiaceae. Общая концентрация пыльцы резко снижается до 3 тыс. п. з./г.

ПЗ 4 (10,14–10,36 м). Количество пыльцы деревьев и кустарников составляет 86–94% и представлено пыльцой *Betula* sect. *Albae*, *Pinus*, *Alnus* и *Picea*. Основной отличительной особенностью зоны является максимальное для разреза содержание пыльцы *Ulmus* (1–6%) и *Corylus* (1–5%) и резкое увеличение пыльцы *Alnus* (до 17%). Отмечается присутствие пыльцы *Quercus* (1–2%) и *Tilia* (1–2%). Подзона 4а выделяется по преобладающему содержанию пыльцы *Picea* и *Fraxinus*. В подзоне 4b также отмечено повышенное содержание пыльцы Rosaceae. В этой зоне обнаружено максимальное количество цист пресноводных зеленых водорослей *Pediastrum*. Общая концентрация пыльцы снова возрастает и колеблется от 11 до 226 тыс. п. з./г осадка.

ПЗ 5 (10,36–10,89 м). В спектрах сохраняется абсолютное доминирование пыльцы деревьев и кустарников. В ее составе значительно содержание пыльцы *Picea* (16–27%) и *Salix* (1–3%). Возрастает процентное содержание пыльцы трав (до 19%), среди которой доминирует пыльца семейств Poaceae (4–15%) и Cyperaceae (2–5%). Зафиксировано максимальное для разреза количество пыльцы макрофитов, представленных в основном пыльцой *Sparganium* (до 3%). Кроме того, отмечена единичная пыльца *Typha* и *Potamogeton*. В этой зоне также наблюдается максимум спор *Equisetum* (1–2%). Общая концентрация пыльцы в среднем составляет около 160 тыс. п. з./г осадка, но резко снижается в самом верхнем образце до 8 тыс. п. з./г осадка.

**Радиоуглеродный анализ.** Методом радиоуглеродного анализа изучено 6 образцов, которые представлены торфом и гиттией и охватывают возрастной интервал от  $8900 \pm 150$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $9960 \pm 210$  кал. л. н.) до  $3530 \pm 80$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $3810 \pm 110$  кал. л. н.) (табл. 1). Относительно большая погрешность  $^{14}\text{C}$  датировок (от 110 до 200 лет) обусловлена большой примесью минеральных частиц.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Разрез «Ленэнерго» является одним из ключевых объектов для исследования голоценовых трансгрессий Ладожского озера. В нем сохраняется классическое трехчленное строение, где две песчано-глинистые толщи палеоводоемов разделены органогенными отложениями, представленными торфом и гиттией (рис. 2, а). Такое строение фиксируется во многих разрезах юго-восточного Приладожья [6; 14; 16]. Однако мощность органогенных

**Результаты радиоуглеродного датирования образцов из разреза «Ленэнерго-2019»**

Table 1. Radiocarbon dating results of samples from the Lenenergo-2019 section

№ п/п	Лабораторный номер	Абс. высота, м	Материал	$^{14}\text{C}$ возраст, л. н.	Калиброванный возраст, кал. л. н.
1	ЛУ-9423	10,85–10,87	Кровля гиттии	$3530 \pm 80$	$3810 \pm 110$
2	ЛУ-9422	10,55–10,60	Гиттия	$3840 \pm 90$	$4240 \pm 130$
3	ЛУ-9421	10,33–10,35	Гиттия	$4150 \pm 110$	$4670 \pm 140$
4	ЛУ-9420	10,16–10,18	Подшва гиттии	$4880 \pm 200$	$5610 \pm 250$
5	ЛУ-9419	10,07–10,10	Гиттия	$8420 \pm 90$	$9400 \pm 100$
6	ЛУ-9418	10,00–10,03	Торф	$8900 \pm 150$	$9960 \pm 210$

отложений сильно варьирует. Так, в группе разрезов «Ленэнерго» она колеблется от 0,62 [5] до 0,9 м [1]. А в разрезе, изученном в 2019 г., она составила 0,87 см, что близко к максимальным значениям (рис. 2, а). Кроме того, возраст органических отложений в предыдущих исследованиях точно не определен и варьирует от бореально-атлантического до атлантическо-суббореального (рис. 2, б). Результаты детального спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования органических отложений из разреза «Ленэнерго-2019» позволили выявить ряд особенностей, которые не были зафиксированы в ходе предыдущих исследований этого обнажения.

Накопление крупнозернистых песков, подстилающих органическую толщу, вероятно, происходило в течение позднего дриаса. Такое предположение сделано еще Г.Н. Лисицыной [5] на основании того, что возраст нижележащих ленточных глин, по данным спорово-пыльцевого анализа, соотносится с аллередом. Вскрытая толща песков палеоботанически не была охарактеризована. Тем не менее Г.Н. Лисицыной в кровле песчаной толщи были отмечены текстурные признаки криогенных деформаций (рис. 3, а). При проведении полевых работ на этом разрезе в 2019 г. следов мерзлотных деформаций не зафиксировано. Соответственно, предположение о позднеледниковом возрасте отложений построено исключительно на стратиграфической привязке. Из крупнозернистых песков, подстилающих торф, методом спорово-пыльцевого анализа нами изучен один образец в интервале от 9,95 до 10,00 м абс. высоты, в котором не обнаружено никаких микрофоссилий. Отсутствие, в первую очередь, пыльцы и спор может свидетельствовать как о накоплении осадков в условиях крупного мелководного водоема в окружении открытых ландшафтов, так и являться результатом вымывания микроорганики из крупнозернистых песков. В то же время результаты изучения колонки Co1309, расположенной в северо-западной части Ладожского озера, показывают, что в позднем дриасе были распространены тундростепные сообщества с участием карликовой березки, ивы и ольховника [30].

Выше песков в разрезе «Ленэнерго-2019» залегает прослой торфа мощностью 3 см (10,00–10,03 м, ПЗ 1), который формировался в относительно прохладных условиях, предположительно, в суббореальном периоде, в обстановке березового редколесья. О разрезном растительном и нарушенном почвенном покрове может свидетельствовать присутствие спор энкалпты (*Encalypta*) и плаунка плауновидного (*Selaginella selaginoides*). Кроме этого, на несомкнутый растительный покров и суровые климатические условия указывает и крайне низкая концентрация пыльцы. По другим опубликованным палинологическим данным, растительность этого времени также была представлена березовыми редколесьями и лесами [12; 31]. Возраст торфа из этого прослоя, по нашим данным, составил  $8900 \pm 150$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $9960 \pm 210$  кал. л. н.) и в целом не противоречит палинологическим. Ранее считалось, что накопление торфа началось в бореальное и продолжилось в атлантическое время согласно результатам спорово-пыльцевого анализа [5]. Эти данные были подтверждены датировкой  $7970 \pm 260$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $8880 \pm 310$  кал. л. н.) [6; 9] (табл. 2). По результатам наших исследований формирование торфа началось еще в суббореальное время голоцена, приблизительно на одну тысячу лет раньше, чем это предполагалось.

Торф с разрывом перекрывается толщей гиттиевых отложений (10,03–10,87 м). Наличие разрыва подтверждается резкой сменой спорово-пыльцевых спектров и крайне низкой концентрацией пыльцевых зерен. В гиттиях выделяются четыре палинозоны (ПЗ 2–5). Пыльцевые спектры ПЗ 2 (10,03–10,09 м) указывают на резкое изменение в составе растительного покрова. На окружающей территории широкое развитие получили сосново-березовые леса, на заболоченных участках встречались береза карликовая. Такой тип растительности был распространен на значительной территории Приладожья [12; 30–32]. Для этого интервала характерны максимальные для всего разреза значения концентрации пыльцы, достигающие 1352 тыс. п. з./г осадка, что также свидетельствует о сомкнутом растительном покрове и более благоприятном климате. Однако

**Радиоуглеродный возраст отложений из разрезов у д. Оятский участок (Ленэнерго)**

Table 2. Radiocarbon age of deposits from the sections near the Oyatsky uchastok village (Lenenergo village)

№ п/п	Лабораторный номер	Материал	$^{14}\text{C}$ возраст, л. н.	Калиброванный возраст, кал. л. н.
1	ЛУ-2224	Аллохтонный торф	$2810 \pm 30$	$2910 \pm 40$
2	ЛУ-1929	Плавник	$2980 \pm 80$	$3150 \pm 110$
3	Ле-7076	Кровля торфа	$3160 \pm 120$	$3360 \pm 150$
4	ЛУ-2183	Кровля гиттии	$3720 \pm 50$	$4070 \pm 80$
5	ЛУ-5458	Древесина из гиттии	$4000 \pm 40$	$4470 \pm 60$
6	ЛУ-5454	Древесина из торфа	$4220 \pm 70$	$4730 \pm 100$
7	ЛУ-5436	Древесина из подошвы гиттии	$4380 \pm 90$	$5020 \pm 140$
8	ЛУ-2180	Подошва торфа	$5400 \pm 50$	$6190 \pm 80$
9	ЛУ-1930	Обломок древесины из основания гиттии	$5490 \pm 40$	$6290 \pm 50$
10	ЛУ-5453	Древесина из кровли торфа	$5860 \pm 70$	$6670 \pm 90$
11	Не указан	Кровля торфа	$7960 \pm 230$	$8860 \pm 280$
12	Не указан	Кровля торфа	$7970 \pm 260$	$8880 \pm 310$

В таблице приведены датировки из разрезов у д. Оятский участок, в том числе датировки, полученные непосредственно из органогенных отложений

Источник: 1, 11 — по [4], 2, 9 — по [12], 3 — по [10], 4, 8 — по [6], 5–7, 10 — по [1; 13; 14], 12 — по [7; 9]

The table presents sections dating near the Oyatsky uchastok village, including dating directly from the organic-rich deposits

Source: 1, 11 — from [4], 2, 9 — from [12], 3 — from [10], 4, 8 — from [6], 5–7, 10 — from [1; 13; 14], 12 — from [7; 9]

довольно высокие концентрации пыльцы из этого слоя могут быть также связаны с уплотненностью отложений вследствие последующего накопления относительно мощной толщи озерных осадков.

В интервале от 10,09 до 10,16 м фиксируется еще один горизонт размыва, представленный песками с детритом. Этому слою частично соответствует ПЗ 3 (10,09–10,14 м). В нем отмечаются лишь единичные зерна пыльцы и спор. Хронологические рамки этого перерыва определяются радиоуглеродным возрастом вмещающих гиттий — от  $8420 \pm 90$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $9400 \pm 100$  кал. л. н.) до  $4880 \pm 200$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $5610 \pm 250$  кал. л. н.). Таким образом, здесь наблюдается перерыв в осадконакоплении длительностью около 3500 лет.

Накопление гиттии продолжилось в атлантический (ПЗ 4) и суббореальный (ПЗ 5) периоды. В атлантическое время (ПЗ 4, 10,14–10,36 м) возросло участие ели и термофильных пород деревьев и кустарников, господствовали сосново-елово-березовые леса с участием лещины, ясеня, вяза, липы и дуба. Вероятно, в условиях подтопления территории водами Ладожского озера широкое распространение получила ольха, предпочитающая грунтовое увлажнение. Значительное развитие получила прибрежно-водная растительность. Среди трав преобладали представители семейств осоковых и злаковых, которые также выносят избыточное увлажнение. Концентрации пыльцы для интервала от 10,14 до 10,36 м (ПЗ 4) относительно невысокие по сравнению с прослоем гиттии в интервале от 10,03 до 10,09 м (ПЗ 2) и варьируют от 11 до 226 тыс. п. з./г осадка.

Примерно на границе ПЗ 4 и ПЗ 5 нами была получена датировка  $4150 \pm 100$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $4670 \pm 140$  кал. л. н.). Таким образом, накопление нижней, атлантической части гиттии происходило в интервале от  $4880 \pm 200$  до  $4150 \pm 100$   $^{14}\text{C}$  л. н.

Верхняя часть гиттии, а также нижняя часть песчано-алевритового переслаивания соответствуют ПЗ 5 (10,36–10,89 м), начальная стадия которой на спорово-пыльцевой диаграмме приходится на начало подъема кривой пыльцы *Picea* (рис. 3). В это время на территории по-прежнему господствовали сосново-елово-березовые леса с примесью широколиственных пород. Увеличилась роль ели, которая, вероятно, образовывала чистые ценозы. Климат стал несколько прохладнее и влажнее, что обусловило не только распространение ели, но и ивы. Несмотря на минимальное присутствие пыльцы ивы в спектрах (1–2%), это свидетельствует о ее участии в составе локальной растительности [33]. К этому времени концентрация пыльцы увеличивается до 350 тыс. п. з./г осадка, а затем вновь снижается до 8 тыс. п. з./г осадка. Колебания в концентрации пыльцы в пределах одного слоя могут быть связаны с неравномерным распределением органического вещества. Завершение накопления суббореальной части гиттии фиксируется датировкой из ее кровли  $3530 \pm 80$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $3810 \pm 110$  кал. л. н.) (рис. 2, а).

Таким образом, формирование органогенной толщи, согласно результатам спорово-пыльцевого анализа, происходило в несколько этапов — пребореальный, бореальный и бореально-атлантический, отделенных друг от друга седиментационными

перерывами. Этот вывод подтверждается как резкой сменой в составе спорово-пыльцевых спектров, так и радиоуглеродной хронологией. Возраст пребореального торфа составил  $8900 \pm 150$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $9960 \pm 210$  кал. л. н.). Накопление бореальной гиттии происходило до  $8420 \pm 90$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $9400 \pm 100$  кал. л. н.). Атлантико-суббореальный этап седиментации гиттиевых отложений пришелся на  $4880 \pm 200$ – $3530 \pm 80$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $5610 \pm 250$ – $3810 \pm 110$  кал. л. н.). Такая интерпретация не согласуется с выводами, полученными предыдущими исследователями по этому разрезу. Наиболее значимо отличается интерпретация Г.Н. Лисицыной, согласно которой органогенная часть разреза представлена исключительно бореальным торфом (разрез V, рис. 2) [5]. Впоследствии для торфа была получена радиоуглеродная датировка  $7970 \pm 260$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $8880 \pm 310$  кал. л. н.) [9]. Литологическое строение органогенной толщи по данным других исследователей (разрезы II, III, IV, рис. 2) имеет большие сходства с разрезом, описанным в настоящей работе. В этих разрезах в основании органогенной толщи также встречен слой торфа, однако радиоуглеродные датировки указывают на его более молодой возраст —  $5860 \pm 70$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $6670 \pm 90$  кал. л. н.) [1; 13; 14] и  $5490 \pm 40$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $6290 \pm 50$  кал. л. н.) [12]. Кроме того, слои торфа наблюдаются и в кровле органогенной толщи (разрезы III, IV, рис. 2). А в разрезе IV (рис. 2) также отмечен горизонт размыва на границе торфа и гиттии.

Полученные результаты не могут дать однозначный ответ на вопрос о происхождении описываемых слоев. Накопление торфа в пребореале указывает на субаэральные обстановки осадконакопления. Присутствие в слое пыльцы вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*), осоковых (Cyperaceae), ивы (*Salix*), древовидных и кустарниковых видов берез (*Betula* sect. *Albae* и *B. nana*) позволяет предположить низинный тип данного просяла торфа. Современные низинные болота Приладожья часто встречаются в приозерных понижениях и по берегам рек, для них характерен значительно более богатый, чем для верховых болот, видовой состав [34]. Формирование бореального гиттиевского слоя, с размывом залегающего на торфе, предполагает смену условий седиментации. Вероятно, в бореальном периоде развитие южного Приладожья происходило в континентальных обстановках [10], следовательно, гиттия могла накапливаться в условиях низинных болот, малых озер или речных стариц.

Наиболее достоверно устанавливается происхождение атлантико-суббореальной гиттии. Ранее для коррелируемого слоя, изученного в этом обнажении, был выполнен диатомовый анализ [13; 14]. Состав диатомовых водорослей из слоя гиттии позволил авторам предположить, что она накапливалась в неглубоком водоеме, куда были занесены планктонные виды Ладожского озера (в составе диатомовых комплексов определены индикаторные «ладожские» виды). По данным А.В. Лудиковой [35; 36], группа «ладожских» видов диатомей характерна для отложений Ладожской трансгрессии, после ее завершения эти индикаторные виды исчезают из состава комплексов. В отложениях гиттии

нами зафиксирована пыльца прибрежно-водной растительности (*Sparganium*, *Typha*, *Nymphaeaceae*, *Potamogeton*), произрастающей в стоячих и медленно текущих водоемах, по заболоченным берегам рек и озер. Таким образом, можно предположить, что верхняя часть гиттии, вскрытая в разрезе «Ленэнерго», накапливалась в мелководных замкнутых или полужамкнутых обстановках Ладожского озера. Дальнейшая смена гиттии песчано-алевритовым переслаиванием вверх по разрезу указывает на увеличение глубины и, следовательно, степени открытости акватории. Все это в совокупности с результатами радиоуглеродного датирования позволяет связать формирование атлантико-суббореальной гиттии и перекрывающих отложений с подъемом уровня воды во время Ладожской трансгрессии. Горизонт размыва возрастом от  $8420 \pm 90$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $9400 \pm 100$  кал. л. н.) до  $4880 \pm 200$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $5610 \pm 250$  кал. л. н.), отделяющий бореальный слой от атлантико-суббореального, таким образом, возник в начальную фазу трансгрессии. Формирование подобных локальных горизонтов характерно для прибрежных и мелководных обстановок и происходит вследствие штормовых событий [37]. Другой причиной возникновения размыва в прибрежных условиях Ладожского озера могут являться многолетние малоамплитудные колебания уровня воды, влияющие на береговую морфолитодинамику и в настоящее время [38].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования разреза «Ленэнерго-2019», а также их сопоставление с данными предыдущих исследований позволили сделать следующие выводы:

- впервые в данном разрезе реконструкция растительности на основе спорово-пыльцевого анализа подтверждена изменениями концентрации пыльцы, максимальные значения которой составили 1352 тыс. п. з./г осадка для гиттии и минимальные — 3 тыс. п. з./г осадка для мелкозернистых песков;

- органогенные отложения мощностью 0,87 м формировались от  $8900 \pm 150$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $9960 \pm 200$  кал. л. н.) до  $3530 \pm 80$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $3810 \pm 110$  кал. л. н.) в три этапа;

- время образования нижнего слоя торфа началось в пребореальный период голоцена не позднее  $8900 \pm 150$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $9960 \pm 200$  кал. л. н.), что является самой древней датировкой для всех изученных разрезов «Ленэнерго» у д. Оятский участок;

- накопление гиттии началось в бореальном периоде и продолжилось в конце атлантического и первой половине суббореального периодов, в интервале от  $4880 \pm 200$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $5610 \pm 250$  кал. л. н.) до  $3530 \pm 80$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $3810 \pm 110$  кал. л. н.);

- на протяжении формирования органогенной толщи выделено не менее трех перерывов в осадконакоплении, зафиксированных в литологической смене осадков, а также резких изменениях концентрации пыльцы и состава спорово-пыльцевых спектров. Наиболее длительный перерыв, продолжительностью

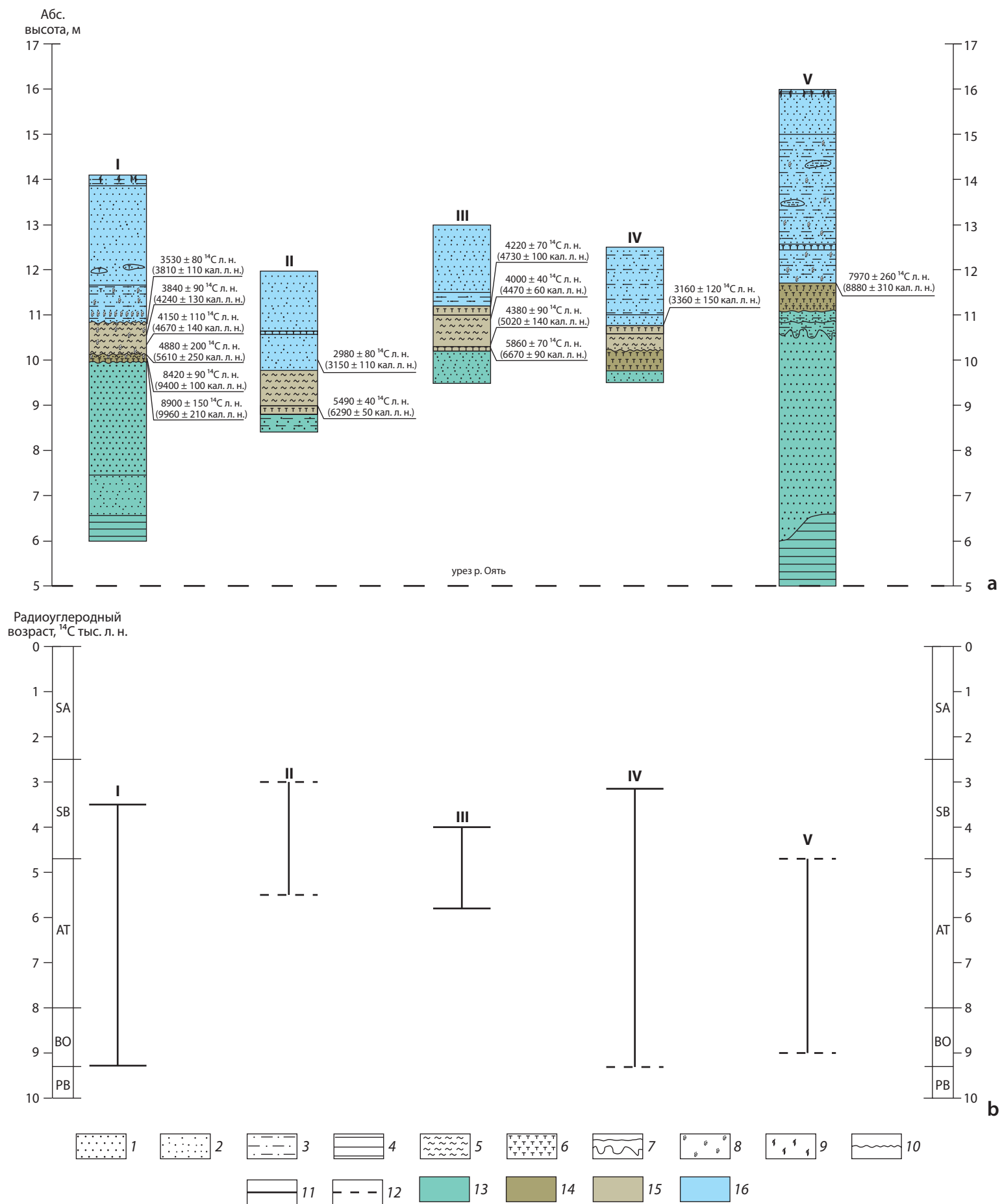


Рис. 2. Корреляция разрезов у д. Оятский участок

**a** — литолого-генетическая корреляция, **b** — геохронологическая и климатостратиграфическая корреляция интервала формирования слоя органогенных отложений: I — разрез «Ленэнерго-2019», II — р. Оять, п. Ленэнерго, III — р. Оять, п. Ленэнерго, IV — р. Оять, п. Ленэнерго, V — р. Оять, п. Линии Свирьстроля; 1 — пески грубо-, крупнозернистые, 2 — пески средне-, мелкозернистые, 3 — алевриты, 4 — глины, 5 — гиттия, 6 — торф, 7 — вторичные деформации, 8 — растительный детрит, 9 — корни современной растительности, 10 — стратиграфическое несогласие, 11 — граница интервала, определенная по геохронологическим данным, 12 — граница интервала, определенная по лито- и палинostrатиграфическим данным, 13 — озерные, аллювиальные отложения позднелепистоценовые, 14 — озерные и болотные отложения бореального и атлантического периодов, 15 — озерные и болотные отложения атлантического и суббореального периодов, 16 — озерные отложения суббореального и субатлантического периодов

Источник: **b** — деление голоцена по [21]; II — по [4; 12], III — по [1; 13; 14], IV — по [3], V — по [5; 6; 9]

Fig. 2. Correlation of sections near the Oyatsky uchastok village

**a** — lithological and genetic correlation, **b** — geochronological and climatostratigraphic correlation of organic-rich deposits layer formation interval: I — Lenenergo-2019 section, II — Oyat River, Lenenergo village, III — Oyat River, Lenenergo village, IV — Oyat River, Lenenergo village, V — Oyat River, Svirstroy Lines village; 1 — coarse-grained, hard-grained sands, 2 — medium-grained, fine-grained sands, 3 — silt, 4 — clay, 5 — gyttja, 6 — peat, 7 — secondary deformations, 8 — plant detritus, 9 — modern vegetation roots, 10 — stratigraphic unconformity, 11 — interval boundary as per geochronological data, 12 — interval boundary as per lithostratigraphic and palynostratigraphic data, 13 — Late Pleistocene lacustrine and alluvial deposits, 14 — lacustrine and palustrine deposits of the Boreal and Atlantic periods, 15 — lacustrine and palustrine deposits of the Atlantic and Subboreal periods, 16 — lacustrine deposits of the Subboreal and Subatlantic periods

Source: **b** — the Holocene subdivisions from [21]; II — from [4; 12], III — from [1; 13; 14], IV — from [1; 13; 14], V — from [5; 6; 9]

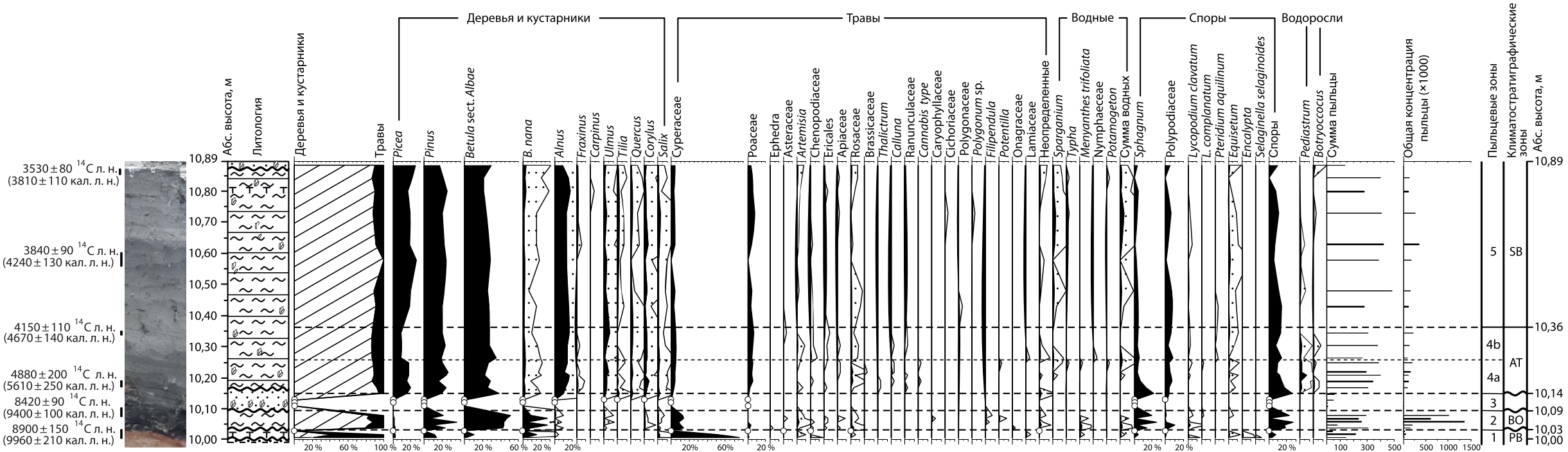


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза «Ленэнерго-2019»

Условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 3. Pollen percentage diagram of the Lenenergo-2019 section

Refer to the symbols in fig. 2

не менее 3500 лет, установлен на рубеже бореального и атлантического периодов.

Сопоставление разрезов «Ленэнерго», вскрытых в районе д. Оятский участок на левом берегу р. Оять, представляет определенную сложность, в том числе из-за разной привязки местонахождения разреза «Ленэнерго» (п. Ленэнерго, п. Свирыстрой, п. Линии Свирыстрой, д. Оятский участок), постоянной эрозии берега, а также отсутствия точной привязки по абсолютной высоте. Уровень воды в р. Оять может значительно меняться, что показали наблюдения, проводимые во время ежегодных учебных практик в этом районе. Так, уровень воды в реках Свирь, Паша и Оять в июне 2024 г. был на 1,0–1,5 м выше, чем в предыдущие пять лет. Поэтому привязка только к урезу воды не является надежной, и необходимы точные инструментальные измерения высоты и привязка к гидропосту. Сравнение датировок горизонта торфа и гиттии показало разброс значений возраста вскрытых отложений, обусловленный сложными гидродинамическими процессами и связанными с ними изменениями уровня Ладожского озера.

Для полной характеристики условий осадконакопления органических отложений и восстановления палеогеографических событий в регионе юго-восточного Приладожья необходимо наращивание данных с привлечением результатов как спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования, так и диатомового анализа и геохимических исследований.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новые данные относительно трансгрессии Ладожского озера, образования реки Невы и земледельческого освоения северо-запада России / А.Л. Александровский [и др.] // Доклады Академии наук. 2009. Т. 424, № 5. С. 682–687.

2. Возраст береговых образований по радиоуглеродным и палинологическим данным // История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки / Х.А. Арсланов [и др.]; отв. ред. Д.Д. Квасов. Л.: Наука, 1990. С. 26–33.

3. Бискэ Ю.С., Сумарева И.В., Шитов М.В. Позднеголоценовое сейсмическое событие в юго-восточном Приладожье. I. Принципы исследования и деформационные текстуры // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология. География. 2009. № 1. С. 3–25.

4. Кошечкин Б.И., Экман И.М. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера / отв. ред. Н.Н. Давыдова, Б.И. Кошечкин. СПб.: Рос. геогр. о-во, 1993. С. 49–60.

5. Лисицына Г.Н. Вопросы палеогеографии неолита районов северо-запада Европейской части СССР // Гурина Н.Н. Древняя история северо-запада Европейской части СССР: Материалы и исследования по археологии СССР / отв. ред. П.И. Борисовский. № 87. М.; Л., 1961. С. 535–578.

6. Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера / Д.Б. Малаховский [и др.] // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера / отв. ред. Н.Н. Давыдова, Б.И. Кошечкин. СПб.: Рос. геогр. о-во, 1993. С. 61–73.

7. Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Русской равнины: К IV конгрессу INQUA в Варшаве 1961 / отв. ред. К.К. Марков. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. 252 с.

8. Серебрянный Л.Р., Чеботарева Н.С. Некоторые дискуссионные вопросы палеогеографии и стратиграфии четвертичных отложений центра и северо-запада Русской равнины (в связи с данными радиоуглеродного датирования) // Антропоген Русской равнины и его стратиграфические компоненты / отв. ред. М.И. Нейштадт. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. С. 74–85.

9. Старик И.Е., Арсланов Х.А. Возраст по радиоуглероду некоторых образцов четвертичного периода // Доклады Академии наук. 1961. Т. 138, № 1. С. 102–105.

10. Шитов М.В. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера: дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.01. СПб., 2007. 204 с.

11. Стоянки А.А. Иностранцева и голоценовая тектоника Южного Приладожья. Геологический контекст / М.В. Шитов [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. Т. 64, № 4. С. 628–650. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.408>.

12. Delusin I. The Holocene pollen stratigraphy of Lake Ladoga and the vegetation history of its surroundings: *Annales Academiae Scientiarum Fennicae. Ser. A. III. Geologica-Geographica. Vol. 153.* Helsinki, Finland: Suomalainen Tiedakatemia, 1991. 66 p.

13. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia / P.M. Dolukhanov [et al.] // *Quaternary International*. 2009. Vol. 203, nos. 1–2. P. 33–51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.04.021>.

14. Holocene oscillations of the Baltic Sea and Lake Ladoga levels and early human movements / P.M. Dolukhanov [et al.] // *Quaternary International*. 2010. Vol. 220, nos. 1–2. P. 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.09.022>.

15. Марков К.К. Последледниковая история юго-восточного побережья Ладожского озера // Вопросы географии / отв. ред. К.К. Марков. Вып. 12. М.: Гос. изд-во геогр. лит., 1949. С. 213–220.

16. Марков К.К., Порецкий В.С., Шляпина Е.В. О колебаниях уровня Ладожского и Онежского озер в послеледниковое время // Труды Комиссии по изучению четвертичного периода. Т. IV, № 1. Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1934. С. 71–129.

17. Атлас Ленинградской области / Т.А. Андреева [и др.]; гл. ред. Д.А. Субетто. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2022. 111 с.

18. Геоморфология и четвертичные отложения северо-запада европейской части СССР (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / отв. ред. Д.Б. Малаховский, К.К. Марков. Л.: Наука, 1969. 256 с.

19. Плешивцева Э.С., Гаркуша В.И., Горшкова С.С. Микунские озера в междуречье Паши и Ояти (Ленинградская область) // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины / гл. ред. В.А. Румянцев. СПб.: Наука, 1998. С. 111–114.

20. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР / В.Д. Александрова [и др.]; отв. ред. В.Д. Александрова, Т.К. Юрковская. Л.: Наука, 1989. 63 с.

21. Chronology of vegetation and paleoclimatic stages of northwestern Russia during the Late Glacial and Holocene / Kh.A. Arslanov [et al.] // *Radiocarbon*. 1999. Vol. 41, no. 1. P. 25–45. <https://doi.org/10.1017/S0033822200019317>.

22. Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. Pollen analysis and pollen diagrams // *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology* / Ed. B.E. Berglund. Chichester; New York; Brisbane; Toronto; Singapore: John Wiley & Sons, 1986. P. 455–484.

23. Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // *Pollen et Spores*. 1971. Vol. 13. P. 615–621.

24. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры Европейской части СССР / А.Е. Бобров [и др.]. Л.: Наука, 1983. 208 с.

25. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 171 с.

26. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1978.

Т. 2. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. 183 с.

27. Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E. Pollen analysis. 2nd ed. Oxford, 1991. 216 p.

28. Арсланов Х. А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология / отв. ред. Ю. А. Шуколюков. Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. 298 с.

29. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) / P. J. Reimer [et al.] // *Radiocarbon*. 2020. Vol. 62, no. 4. P. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>.

30. Vegetation and climate changes in northwestern Russia during the Lateglacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record / L. A. Savelieva [et al.] // *Boreas*. 2019. Vol. 48, no. 2. P. 349–360. <https://doi.org/10.1111/bor.12376>.

31. Изменение природных обстановок в голоцене на Онежско-Ладожском перешейке / Т. В. Сапелко [и др.] // *Известия Русского географического общества*. 2016. Т. 148, № 2. С. 35–44.

32. Climate and environment on the Karelian Isthmus, northwestern Russia, 13000–9000 cal. yrs BP / D. A. Subetto [et al.] // *Boreas*. 2002. Vol. 31, no. 1. P. 1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2002.tb01051.x>.

33. Рашке Е. А., Савельева Л. А. Субрецентные спорово-пыльцевые спектры и современная растительность дельты реки Лена, Российская Арктика // *Сибирский экологический журнал*. 2017. Т. 24, № 4. С. 456–472. <https://doi.org/10.15372/SEJ20170407>.

34. Доронина А. Ю. Сосудистые растения Карельского перешейка (Ленинградская область). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 574 с.

35. Лудикова А. В. Свидетельства среднеголоценовой трансгрессии Ладожского озера по данным диатомового анализа // *Известия Русского географического общества*. 2015. Т. 147, № 4. С. 38–51.

36. New diatom and sedimentary data confirm the existence of the northern paleo-outlet from Lake Ladoga to the Baltic Sea / A. V. Ludikova [et al.] // *Quaternary*. 2024. Vol. 7, no. 3. P. 31. <https://doi.org/10.3390/quat7030031>.

37. A review of storms and marine coastal flooding in the Baltic Sea — insights from instrumental, historical and sedimentary record / K. Leszczyńska [et al.] // *Earth-Science Reviews*. 2025. Vol. 266. P. 105137. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2025.105137>.

38. Большинов Д. Ю. Современные многолетние колебания уровня Ладожского озера и возможная причина Ладожской трансгрессии позднего голоцена // *Известия Русского географического общества*. 2018. Т. 150, № 4. С. 15–31. <https://doi.org/10.7868/S0869607118040023>.

## REFERENCES

1. New data on the Ladoga transgression, the Neva River formation, and agricultural development of northwestern Russia / A. L. Aleksandrovskii [et al.]. *Doklady Earth Sciences*. 2009; 425: 274–278. <https://doi.org/10.1134/S1028334X09020226>. (In Russ.).

2. Age of shore formations according to radiocarbon and palynologic data / Kh. A. Arslanov [et al.]; Publ. Ed. D. D. Kvasov. *History of the Ladoga, Onega, Peipus, Baikal, and Khanka lakes*. Leningrad: Nauka; 1990. P. 26–33. (In Russ.).

3. Biske Yu. S., Sumareva I. V., Sheetov M. V. Late Holocene paleoseismic event at southeastern coast of Lake Ladoga. I. Principles of research and deformation structures. *Vestnik of Saint-Petersburg University*. 2009; (1): 3–25. (In Russ.).

4. Koshechkin B. I., Ekman I. M. Holocene transgressions of Lake Ladoga. *Evolution of natural conditions and current state of Lake Ladoga geosystem*. St. Petersburg: Russ. Geogr. Soc.; 1993. P. 49–60. (In Russ.).

5. Lisitsyna G. N. The Neolithic paleogeography in northwestern regions of the European part of the USSR. *Gurina N. N. The ancient history of North-West European part of the USSR: Proceedings and Research in Archeology of the USSR* / Publ. Ed.

P. I. Borisovskiy. No. 87. Moscow; Leningrad; 1961. P. 535–578. (In Russ.).

6. New data on the Holocene history of Lake Ladoga / D. B. Malakhovskiy [et al.]. *Evolution of natural conditions and current state of Lake Ladoga geosystem*. St. Petersburg: Russ. Geogr. Soc.; 1993. P. 61–73. (In Russ.).

7. Relief and stratigraphy of the Quaternary deposits in the north-western part of the Russian Plain: Publ. for the Sixth Congress of INQUA Warsaw 1961 / Publ. Ed. K. K. Markov. Moscow: Publ. House of the Acad. of Sci. of the USSR; 1961. 252 p. (In Russ.).

8. Serebryanny L. R., Chebotareva N. S. Some controversial issues of paleogeography and stratigraphy of the Quaternary deposits in the Central and North-West Russian Plain (in connection with radiocarbon data). *Antropogen of the Russian Plain and its stratigraphic components* / Publ. Ed. M. I. Neyshadt. Moscow: Publ. House of the Acad. of Sci. of the USSR; 1963. P. 74–85. (In Russ.).

9. Starik I. E., Arslanov Kh. A. Radiocarbon age of some Quaternary samples. *Doklady Akademii nauk*. 1961; 138 (1): 102–105. (In Russ.).

10. Sheetov M. V. Holocene transgressions of Lake Ladoga: PhD diss. (Geology and Mineralogy): 25.00.01. St. Petersburg; 2007. 204 p. (In Russ.).

11. Archaeological sites of A. A. Inostrantsev and Holocene tectonics of South Ladoga region: Geological context / M. V. Sheetov [et al.]. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*. 2019; 64 (4): 628–650. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.408>. (In Russ.).

12. Delusin I. The Holocene pollen stratigraphy of Lake Ladoga and the vegetation history of its surroundings: *Annales Academiae Scientiarum Fennicae. Ser. A. III. Geologica-Geographica*. Vol. 153. Helsinki, Finland: Suomalainen Tiedekatemia; 1991. 66 p.

13. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia / P. M. Dolukhanov [et al.]. *Quaternary International*. 2009; 203 (1–2): 33–51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.04.021>.

14. Holocene oscillations of the Baltic Sea and Lake Ladoga levels and early human movements / P. M. Dolukhanov [et al.] // *Quaternary International*. 2010; 220 (1–2): 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.09.022>.

15. Markov K. K. Postglacial history of the southeastern shore of Lake Ladoga. *Voprosy Geografii* / Publ. Ed. K. K. Markov. Vol. 12. Moscow: State Publ. House of Geogr. Books; 1949. P. 213–220. (In Russ.).

16. Markov K. K., Poretskiy V. V., Shlyapina E. V. Fluctuations in the levels of Ladoga and Onega lakes in the postglacial period. *Proceedings of the Quaternary Research Commission*. Vol. IV, no. 1. Leningrad: Publ. House of the Acad. of Sci. of the USSR; 1934. P. 71–129. (In Russ.).

17. Atlas of Leningrad region / T. A. Andreeva [et al.]; Chief Ed. D. A. Subetto. St. Petersburg: Herzen Univ.; 2022. 111 p. (In Russ.).

18. Geomorphology and Quaternary deposits of the North-West European part of the USSR (Leningrad, Pskov, and Novgorod regions) / Publ. Eds. D. B. Malakhovskiy, K. K. Markov. Leningrad: Nauka; 1969. 256 p. (In Russ.).

19. Pleshivtseva E. S., Garkusha V. I., Gorshkova S. S. Mikulino lakes within the Pasha and Oyat interfluvium (Leningrad region). *The History of Pleistocene lakes of the East European Plain*. St. Petersburg: Nauka; 1998. P. 111–114. (In Russ.).

20. Geobotanical zoning of the Non-Black Earth region of the European RSFSR / V. D. Aleksandrova [et al.]; Publ. Ed. V. D. Aleksandrova, T. K. Yurkovskaya. Leningrad: Nauka; 1989. 63 p. (In Russ.).

21. Chronology of vegetation and paleoclimatic stages of northwestern Russia during the Late Glacial and Holocene / Kh. A. Arslanov [et al.]. *Radiocarbon*. 1999; 41 (1): 25–45. <https://doi.org/10.1017/S0033822200019317>.

22. Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa M. Pollen analysis and pollen diagrams. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology* / Ed. B. E. Berglund. Chichester; New York; Brisbane; Toronto; Singapore: John Wiley & Sons; 1986. P. 455–484.

23. Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*. 1971; 13: 615–621.
24. Spores of ferns and pollen of gymnosperms and monocotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR / A.E. Bobrov [et al.]. Leningrad: Nauka; 1983. 208 p. (In Russ.).
25. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. Pollen and plant spores of the flora of the European part of the USSR. Leningrad: Nauka; 1972. Vol. 1. 171 p. (In Russ.).
26. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. Pollen and plant spores of the flora of the European part of the USSR. Leningrad: Nauka; 1978. Vol. 2. Pollen of dicotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR. 183 p. (In Russ.).
27. Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. Pollen analysis. 2nd ed. Oxford; 1991. 216 p.
28. Arslanov Kh.A. Radiocarbon: Geochemistry and geochronology / Publ. Ed. Yu.A. Shukolyukov. Leningrad: Leningrad State Univ. Publ. House; 1987. 298 p. (In Russ.).
29. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) / P.J. Reimer [et al.]. *Radiocarbon*. 2020; 62 (4): 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>.
30. Vegetation and climate changes in northwestern Russia during the Lateglacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record / L.A. Savelieva [et al.]. *Boreas*. 2019; 48 (2): 349–360. <https://doi.org/10.1111/bor.12376>.
31. Paleoenvironmental changes on the Onega-Ladoga Isthmus during the Holocene / T.V. Sapelko [et al.]. *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2016; 148 (2): 35–44. (In Russ.).

32. Climate and environment on the Karelian Isthmus, northwestern Russia, 13000–9000 cal. yrs BP / D.A. Subetto [et al.]. *Boreas*. 2002; 31 (1): 1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2002.tb01051.x>.
33. Raschke E.A., Savelieva L.A. Subrecent spore-pollen spectra and modern vegetation from the Lena River Delta, Russian Arctic. *Contemp. Probl. Ecol*. 2017; 10: 395–410. <https://doi.org/10.1134/S1995425517040084>. (In Russ.).
34. Doronina A. Yu. Vascular plants of the Karelian Isthmus (Leningrad region). Moscow: KMK Sci. Press Ltd., 2007. 574 p. (In Russ.).
35. Ludikova A.V. Diatom evidences for the mid-Holocene Lake Ladoga transgression. *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2015; 147 (4): 38–51. (In Russ.).
36. New diatom and sedimentary data confirm the existence of the northern paleo-outlet from Lake Ladoga to the Baltic Sea / A.V. Ludikova [et al.]. *Quaternary*. 2024; 7 (3): 31. <https://doi.org/10.3390/quat7030031>.
37. A review of storms and marine coastal flooding in the Baltic Sea — insights from instrumental, historical and sedimentary record / K. Leszczyńska [et al.]. *Earth-Science Reviews*. 2025; 266: 105137. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2025.105137>.
38. Bolshiyakov D. Yu. Modern multi-year fluctuations of Ladoga Lake water level and possible reason of the Late Holocene Ladoga transgression. *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2018; 150 (4): 15–31. <https://doi.org/10.7868/S0869607118040023>. (In Russ.).

## Антонина Павловна Фоменко

- <sup>1</sup> Аспирант кафедры геоморфологии;
- <sup>2</sup> геолог;
- <sup>3</sup> старший лаборант

<sup>1</sup> Институт наук о Земле,  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия;  
<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия;  
<sup>3</sup> Ботанический институт им. В. Л. Комарова  
Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0005-0523-5321>  
Scopus Author ID 58296182800  
ResearcherID HLQ-0714-2023  
SPIN-код РИНЦ 9718-1272  
fomenko.antonina@gmail.com

## Алексей Олегович Аксенов

- <sup>1</sup> Ассистент кафедры геоморфологии;
- <sup>2</sup> инженер 1 категории;
- <sup>3</sup> ведущий инженер

<sup>1</sup> Институт наук о Земле,  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия;  
<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия;  
<sup>3</sup> Арктический и антарктический научно-исследовательский  
институт, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-4950-4571>  
Scopus Author ID 57220870100  
ResearcherID T-5712-2017  
SPIN-код РИНЦ 6751-7087  
axyon.2801@mail.ru

## Antonina P. Fomenko

- <sup>1</sup> Postgraduate Student, Department of Geomorphology;
- <sup>2</sup> Geologist;
- <sup>3</sup> Senior Laboratory Assistant

<sup>1</sup> Institute of Earth Sciences,  
Saint-Petersburg State University,  
Saint Petersburg, Russia;  
<sup>2</sup> All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia;  
<sup>3</sup> Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0005-0523-5321>  
Scopus Author ID 58296182800  
ResearcherID HLQ-0714-2023  
RSCI SPIN-code 9718-1272  
fomenko.antonina@gmail.com

## Alexey O. Aksenov

- <sup>1</sup> Teaching Assistant, Department of Geomorphology;
- <sup>2</sup> First Category Engineer;
- <sup>3</sup> Leading Engineer

<sup>1</sup> Institute of Earth Sciences,  
Saint-Petersburg State University,  
Saint Petersburg, Russia;  
<sup>2</sup> All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia;  
<sup>3</sup> Arctic and Antarctic Research Institute,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-4950-4571>  
Scopus Author ID 57220870100  
ResearcherID T-5712-2017  
RSCI SPIN-code 6751-7087  
axyon.2801@mail.ru

## Владислав Юрьевич Кузнецов

<sup>1</sup> Доктор геолого-минералогических наук,  
заведующий кафедрой геоморфологии;

<sup>2</sup> ведущий научный сотрудник

<sup>1</sup> Институт наук о Земле,  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup> Российский государственный педагогический университет  
им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-0544-6752>

Scopus Author ID 7404321154

ResearcherID I-8019-2013

SPIN-код РИНЦ 7606-8711

[v.kuznetsov@spbu.ru](mailto:v.kuznetsov@spbu.ru)

## Алексей Юрьевич Петров

Инженер-исследователь лаборатории «Геоморфологические  
и палеогеографические исследования полярных регионов  
и Мирового океана» имени В. П. Кёппена

Институт наук о Земле,  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-7577-9114>

Scopus Author ID 59100790600

ResearcherID O-3362-2016

SPIN-код РИНЦ 8687-6533

[petrovalexey1987@gmail.com](mailto:petrovalexey1987@gmail.com)

## Лариса Анатольевна Савельева

Кандидат географических наук,  
доцент кафедры геоморфологии

Институт наук о Земле,  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2749-7603>

Scopus Author ID 6506063442

ResearcherID H-9135-2013

SPIN-код РИНЦ 8772-8733

[l.savelieva@spbu.ru](mailto:l.savelieva@spbu.ru)

## Vladislav Yu. Kuznetsov

<sup>1</sup> DSc (Geology and Mineralogy),  
Head, Department of Geomorphology;

<sup>2</sup> Leading Researcher

<sup>1</sup> Institute of Earth Sciences,  
Saint-Petersburg State University,  
Saint Petersburg, Russia;

<sup>2</sup> The Herzen State Pedagogical University of Russia,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-0544-6752>

Scopus Author ID 7404321154

ResearcherID I-8019-2013

RSCI SPIN-code 7606-8711

[v.kuznetsov@spbu.ru](mailto:v.kuznetsov@spbu.ru)

## Alexey Yu. Petrov

Research Engineer, Laboratory "Geomorphology  
and Palaeogeography of Polar Regions and the World Ocean"  
named after W. P. Köppen

Institute of Earth Sciences,  
Saint-Petersburg State University,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-7577-9114>

Scopus Author ID 59100790600

ResearcherID O-3362-2016

RSCI SPIN-code 8687-6533

[petrovalexey1987@gmail.com](mailto:petrovalexey1987@gmail.com)

## Larisa A. Savelieva

PhD (Geography),  
Associate Professor, Department of Geomorphology

Institute of Earth Sciences,  
Saint-Petersburg State University,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-2749-7603>

Scopus Author ID 6506063442

ResearcherID H-9135-2013

RSCI SPIN-code 8772-8733

[l.savelieva@spbu.ru](mailto:l.savelieva@spbu.ru)

**Авторское выражение благодарности:** авторы выражают благодарность студентам Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, принимавшим участие в литологическом описании разреза и отборе образцов в ходе учебной научно-исследовательской практики по четвертичной геологии и геоморфологии, состоявшейся в 2019 г. Благодарим М. В. Шитова за консультацию в вопросах палеогеографии Приладожья.

**Acknowledgments:** the authors thank the students of the Institute of Earth Sciences at Saint-Petersburg State University, who contributed to the lithological description of the section and sampling during the academic research internship in Quaternary Geology and Geomorphology held in 2019. We are grateful to M. V. Sheetov for the advice on paleogeographic features of the Lake Ladoga region.

**Вклад авторов:** Фоменко А. П. — спорово-пыльцевой анализ, подготовка графических материалов, написание исходного текста, итоговые выводы.  
Аксенов А. О. — подготовка графических и дополнительных материалов, написание исходного текста, итоговые выводы.  
Кузнецов В. Ю. — научное руководство, подготовка дополнительных материалов, итоговые выводы, доработка текста.

Петров А. Ю. — радиоуглеродное датирование.

Савельева Л. А. — научное руководство, спорово-пыльцевой анализ, подготовка дополнительных материалов, итоговые выводы, доработка текста.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** Fomenko A. P. — pollen analysis, preparing graphics, writing the draft, final conclusions.

Aksenov A. O. — preparing graphics, preparing supplementary data, writing the draft, final conclusions.

Kuznetsov V. Yu. — research supervision, preparing supplementary data, final conclusions, follow-on revision.

Petrov A. Yu. — radiocarbon dating.

Savelieva L. A. — research supervision, pollen analysis, preparing supplementary data, final conclusions, follow-on revision.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.06.2025  
Одобрена после рецензирования 27.08.2025  
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 19.06.2025  
Approved after reviewing 27.08.2025  
Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 631.4:551.7.065.12:551.8"628.628"(571.51)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_69-83

**Палеогеографическая характеристика  
условий формирования палеопочв  
каргинского интерстадиала  
на примере разреза Татышев  
Красноярской котловины****Г. Ю. Ямских<sup>1</sup>✉, Н. Ю. Жаринова<sup>1</sup>,  
А. А. Ямских<sup>2</sup>, Д. Е. Макаrchuk<sup>1</sup>, Р. А. Колесников<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия,  
yamskikh@mail.ru✉<sup>2</sup> ООО «РН-КрасноярскНИПинефть», Красноярск, Россия<sup>3</sup> Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия**Ключевые слова:** палеогеография, реконструкции среды, палеопочва, палинология, Красноярская котловина**Для цитирования:** Палеогеографическая характеристика условий формирования палеопочв каргинского интерстадиала на примере разреза Татышев Красноярской котловины / Г. Ю. Ямских [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 69–83. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_69-83](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_69-83)

Original article

UDC 631.4:551.7.065.12:551.8"628.628"(571.51)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_69-83

**Paleogeographic characteristics  
of the Karginsky interstadial paleosols  
formation conditions in the Tatyshev section  
of the Krasnoyarsk depression****G. Yu. Yamskikh<sup>1</sup>✉, N. Yu. Zharinova<sup>1</sup>,  
A. A. Yamskikh<sup>2</sup>, D. E. Makarchuk<sup>1</sup>, R. A. Kolesnikov<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, yamskikh@mail.ru✉<sup>2</sup> RN-KrasnoyarskNIPneft LLC, Krasnoyarsk, Russia<sup>3</sup> Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug,  
Salekhard, Russia© Ямских Г. Ю., Жаринова Н. Ю.,  
Ямских А. А., Макаrchuk Д. Е.,  
Колесников Р. А., 2025**Abstract.** The Tatyshev section of the Karginsky pedocomplex on the 35–45-meter Lagermaya terrace of the Yenisei River was comprehensively studied in the Krasnoyarsk depression. Radiocarbon and thermoluminescence dating demonstrated

**Keywords:** paleogeography, environmental reconstructions, paleosol, palynology, Krasnoyarsk depression

**For citation:** Paleogeographic characteristics of the Karginsky interstadial paleosols formation conditions in the Tatyshev section of the Krasnoyarsk depression / G. Yu. Yamskikh [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 69–83. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_69-83](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_69-83)

that the soils were formed in the Early, Middle, and Late Karginsky periods. There were characterized macro- and micromorphological characteristics, physical and chemical properties of the soils: grain-size composition, humus content and its fractional composition, carbonates content, pH, sum of exchangeable bases, and gross macroelement composition. Phytolith and spore-pollen analyses showed the dynamics of climate change and vegetation cover composition during the soil formation within the terrace itself (Tatyshev section) and adjacent elevated areas of the left bank of the Yenisei River valley (Yasnoe-1 section). During the Karginsky interstadial the Krasnoyarsk depression highlights three periods of soil formation and two periods of sedimentation, which correlate well with climate changes in other areas of Siberia in this period. Loess-like deposits from the time of the Karginsky soil formation contain a very small amount of pollen and spores, which is associated not only with the deposits genesis, climatic conditions of their formation, but also with their preservation.

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование лессово-почвенных серий в разных регионах мира позволяет восстановить палеоклиматические условия и определить разнообразие климатических параметров в зависимости от их географического положения [1].

Учитывая близость ландшафтно-климатических условий каргинского интерстадиала к современным [2] и минимальное антропогенное воздействие по сравнению с голоценом, палеопочвы этого периода представляют собой достоверный источник данных для изучения динамики природной среды во внутриконтинентальных областях.



**Рис. 1. Карта-схема расположения разреза Татышев на спутниковом снимке Landsat 8**

Источник: по Google, ©2022–2025 CNES / Airbus, Maxar Technologies\*

**Fig. 1. Schematic location map of the Tatyshev section in the Landsat 8 satellite image**

Source: from Google, ©2022–2025 CNES / Airbus, Maxar Technologies\*\*

\* URL: [https://earth.google.com/web/@56.01882414,92.89383458,139.56166361a,33222.97711022d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASg0I\\_\\_\\_\\_\\_ARAA](https://earth.google.com/web/@56.01882414,92.89383458,139.56166361a,33222.97711022d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASg0I_____ARAA) (дата обращения: 25.02.2025).

\*\* URL: [https://earth.google.com/web/@56.01882414,92.89383458,139.56166361a,33222.97711022d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASg0I\\_\\_\\_\\_\\_ARAA](https://earth.google.com/web/@56.01882414,92.89383458,139.56166361a,33222.97711022d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASg0I_____ARAA) (accessed 25.02.2025).

Реликтовые признаки ископаемых почв содержат информацию о древних ландшафтах, сохраняя в себе следы аккумулятивно-денудационных процессов накопления и перемещения осадочных пород [3–6]. Комплексное изучение палеопочв на основе данных палинологического, палеопочвенного и фитолитного анализов позволяют получить более полную информацию об изменении ландшафтно-климатических условий каргинского времени.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Район исследования расположен в центральной части долины р. Енисей в пределах Красноярской лесостепной котловины. Педокомплекс лессово-почвенного разреза Татышев (рис. 1) сформирован на 35–45-метровой террасе левого берега р. Енисей в черте г. Красноярск (рис. 2).

Для установления возраста и корреляции палеопочвенных горизонтов использованы радиоуглеродное датирование почв по гумусу и стратиграфический метод. Учитывая как возможное омоложение, так и удревнение радиоуглеродного возраста, связанные с проникновением молодого или более древнего органического вещества, для проверки был применен люминесцентный анализ [7].

Гранулометрический состав педокомплексов по средней пробе в стоячей воде был изучен методом

пипетки в варианте Н. А. Качинского<sup>1</sup>. Определены содержание общего органического углерода (гумуса) мокрым сжиганием по И. В. Тюрину [8], содержание карбонатов — обменным (ацидиметрическим) методом, значения суммы обменных оснований — по Каппену–Гильковицу, анализ pH водных вытяжек — потенциометрически<sup>2</sup>. Изучение группового и фракционного состава гумуса проводилось по методике И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [8]. Микроморфологические исследования шлифов палеопочв выполнены по методическим рекомендациям, предложенным в Международном руководстве [9], с учетом комментариев для корректного русского перевода [10].

Валовое содержание макроэлементов изучено при помощи количественного спектрального анализа (прибор ДФС-8) в испытательном центре АО «Красноярскгеология»<sup>3</sup> [11].

По результатам макроэлементного анализа рассчитаны элювиально-иллювиальные коэффициенты ( $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ;  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ )<sup>4</sup>.

Для реконструкции растительности на локальном уровне применен биоморфный анализ с определением таксономической принадлежности фитолитов по методике, предложенной А. А. Гольевой [12].

Для извлечения пыльцы и спор образцы были подвергнуты лабораторной обработке с помощью сепарационного метода В. П. Гричука [13], который применяется для минеральных отложений<sup>5</sup>. Для идентификации пыльцы и спор растений использовались определители<sup>6</sup> [14–17].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Педокомплекс разреза Татышев представлен ранне- (PIII), средне- (PII) и позднекаргинскими (PI) палеопочвами. В разрезе наблюдаются мерзлотные клинья, заполненные материалом из вышележащих горизонтов. Раннекаргинскую и среднекаргинскую палеопочвы разделяет слой лессовидных отложений, насыщенный карбонатами, выщелоченными из вышележащей (среднекаргинской) палеопочвы (табл. 1).

В разрезе Татышев раннекаргинская палеопочва (PIII) состоит из верхнего темно-бурого мелкокомковатого горизонта и нижнего — бурого среднекомковатого. Палеопочва плотного сложения, повсеместно визуализируются железисто-марганцевые



Рис. 2. Общий вид 35–45-метровой террасы левого берега р. Енисей

Fig. 2. General view of the 35–45 meter terrace of the Yenisei River left bank

<sup>1</sup> Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1986. 335 с.

<sup>2</sup> Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв : учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.

<sup>3</sup> Методика НСАМ 210-ЯФ Нейтронно-активационное определение редкоземельных элементов, тория и скандия в горных породах, рудах и минералах. Методика III и IV категории. М. : ВИМС, 1984. 40 с.

<sup>4</sup> Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов : учеб. пособие. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1964. 230 с.

<sup>5</sup> Рудая Н. А. Палинологический анализ : учеб.-метод. пособие. Новосибирск, 2010. 46 с.

<sup>6</sup> Курманов Р. Г., Ишбирдин А. Р. Мелиссопалинология. Уфа : Башк. гос. ун-т, 2014. 128 с.

**Макроморфологическое описание педокомплекса каргинского интерстадиала (разрез Татышев)**

Table 1. Macromorphological description of the Karginsky interstadial pedocomplex (Tatyshev section)

Палеопочвы	Горизонты	Интервал глубин от дневной поверхности, см	Макроморфологическое описание
—	1	240–315	Светло-бурый, супесчаный, мелкокомковато-пылеватый, плотный, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом волнистая. Материал данного горизонта заполняет морозобойные трещины, пронизывающие педокомплекс
Позднекаргинская (PI)	I [AU]	315–370	Темно-бурый с серым оттенком, среднесуглинистый, ореховатый, уплотненный, выделяются железисто-марганцевые новообразования и среднесуглинистые темно-серые линзы, пятна оглеения, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом ровная
	I [B <sub>Ca</sub> ]	370–390	Бурый, среднесуглинистый, мелкокомковатый, уплотненный, новообразования карбонатов в виде псевдомицелия, железисто-марганцевые новообразования, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом ровная
Среднекаргинская (PII)	II [AU]	390–435	Темно-бурый с серым оттенком, среднесуглинистый, уплотненный, железисто-марганцевые новообразования, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом волнистая, местами клиновидная. Палеопочву пронизывают мерзлотные клинья
	II [B <sub>Ca1</sub> ]	435–455	Бурый, среднесуглинистый, уплотненный, железисто-марганцевые новообразования, карбонаты в виде белоглазки и псевдомицелия, переход к нижележащему горизонту резкий, граница с нижележащим горизонтом ровная
—	II [B <sub>Ca2</sub> ]	455–500	Светло-серый с бурым оттенком, супесчаный, мелкокомковатый, плотный, значительные скопления новообразований карбонатов в виде белоглазки и псевдомицелия, железистые новообразования, переход к нижележащему горизонту ясный, граница с нижележащим горизонтом волнистая
Раннекаргинская (PIII)	III [AU]	500–550	Темно-бурый, среднесуглинистый, мелкокомковатый, уплотненный, карбонаты в виде белоглазки, железисто-марганцевые новообразования, переход к нижележащему горизонту ясный, граница с нижележащим горизонтом волнистая
	III [B <sub>Ca</sub> ]	550–560	Бурый, среднесуглинистый, среднекомковатый, уплотненный, карбонаты в виде белоглазки и псевдомицелия, железисто-марганцевые новообразования, переход к нижележащему горизонту ясный, граница с нижележащим горизонтом волнистая
—	3	560–600	Светло-серый, супесчаный, мелкокомковато-пылеватый, уплотненный, единичные новообразования карбонатов

Источник: по [18; 19]

Source: from [18; 19]



Рис. 3. Новообразования железа в разрезе Татышев

Fig. 3. New iron formations in the Tatyshev section

новообразования, карбонаты в виде белоглазки (табл. 1).

Горизонт лессовидных отложений и среднекаргинская палеопочва (PII) формируют единый почвенный профиль, в котором выделяются три генетических горизонта (табл. 1). Верхний темно-гумусовый горизонт имеет темно-бурый цвет, легкосуглинистый, мелкокомковатый, уплотнен, криотурбирован, переход к нижележащему горизонту II [B<sub>Ca1</sub>] постепенный. Горизонт II [B<sub>Ca1</sub>] бурый, мелкокомковатый, легкосуглинистый, имеются новообразования карбонатов в виде псевдомицелия и белоглазки, ожелезнение (охристые пятна) (рис. 3), переход к нижележащему горизонту резкий, граница ровная. Горизонт II [B<sub>Ca2</sub>] отличается большим количеством карбонатных новообразований.

**Радиоуглеродное и люминесцентное датирование палеопочв разреза Татышев**

Table 2. Radiocarbon and luminescence dating of the Tatyshev section paleosols

Палеопочвы	Разрез Татышев
Позднекаргинская	29 800 ± 2000 л. н. (ГИН-2466) глубина слоя 315–330 см
	32 200 ± 4200 л. н. (TL-SIB 92-10) глубина слоя 365–385 см
Среднекаргинская	38 640 ± 1000 л. н. (ГИН-2468) глубина слоя 420–430 см

Источник: по [7; 22]

Source: from [7; 22]

Позднекаргинская палеопочва (PI) относится к гидроморфным и представлена двумя горизонтами: верхним — темно-бурым, легкосуглинистым, ореховатым; нижним — бурым, легкосуглинистым, мелкокомковатым (табл. 1). Палеопочва отличается рыхлым сложением, новообразования представлены охристо-глеево-марганцевыми выцветами и линзами темно-серого среднесуглинистого материала.

Таким образом, по макроморфологическим признакам палеопочвы слабо дифференцируются на отдельные генетические горизонты. Визуально можно выделить гумусовые и карбонатные (не всегда). Гумусовые горизонты демонстрируют неоднородное строение. Во всех исследуемых палеопочвах интенсивно проявляется образование железисто-марганцевых соединений, их количество возрастает в верхних частях профилей. Обильные новообразования карбонатов представлены белоглазкой и псевдомицелием, выделяются пятна оглеения. На криогенные процессы указывают серии мерзлотных клиньев, пронизывающих палеопочвы.

Результаты микроморфологического исследования свидетельствуют о формировании палеопочв по черноземовидному типу. Анализ показал, что строение основной массы разреза Татышев преимущественно однородное, преобладают бурые оттенки, плотное губчатое сложение, отмечается хорошая микроагрегированность и пористость. Наличие копролитов и биогенных пор указывает на высокую степень биогенной переработки палеопочв. Основная масса характеризуется высокой гумусированностью, гумус прочно связан с глинистой плазмой и представлен преимущественно тонкодисперсным органическим веществом, реже — органическим пигментом, гумусово-глинистыми пленками на зернах первичных минералов. Присутствие значительного количества железисто-марганцевых новообразований свидетельствует о гидроморфной стадии развития на заключительных этапах развития палеопочв разреза Татышев. Минералогический состав отложений характеризуется доминированием кварца (90–95 %) с примесью плагиоклаза, роговой обманки, ортоклаза и кальцита (от 1 до 6 %), а также единичными зернами эпидота, хлорита, клиноцоизита, биотита, глауконита, кальцита, ортоклаза, микроклина, цоизита, роговой обманки, биотита.

Исследование педокомплекса разреза Татышев позволило отнести позднекаргинские и среднекаргинские палеопочвы к каргинскому интерстадиалу (изотопно-кислородной стадии 3). Данное заключение основано на результатах радиоуглеродного датирования гумуса палеопочв [20; 21] и термолюминесцентного датирования [7] (табл. 2).

Палеопочвы разреза Татышев характеризуются преимущественно легко- и среднесуглинистым гранулометрическим составом. Содержание гумуса в гумусово-аккумулятивных горизонтах очень низкое (<1,75 %) и обусловлено процессами его диагенетического преобразования после погребения. Характерно также высокое содержание карбонатов (до 10 %), что связано как с формированием палеопочв на карбонатных породах, так и с их новообразованием в условиях лесостепной зоны.

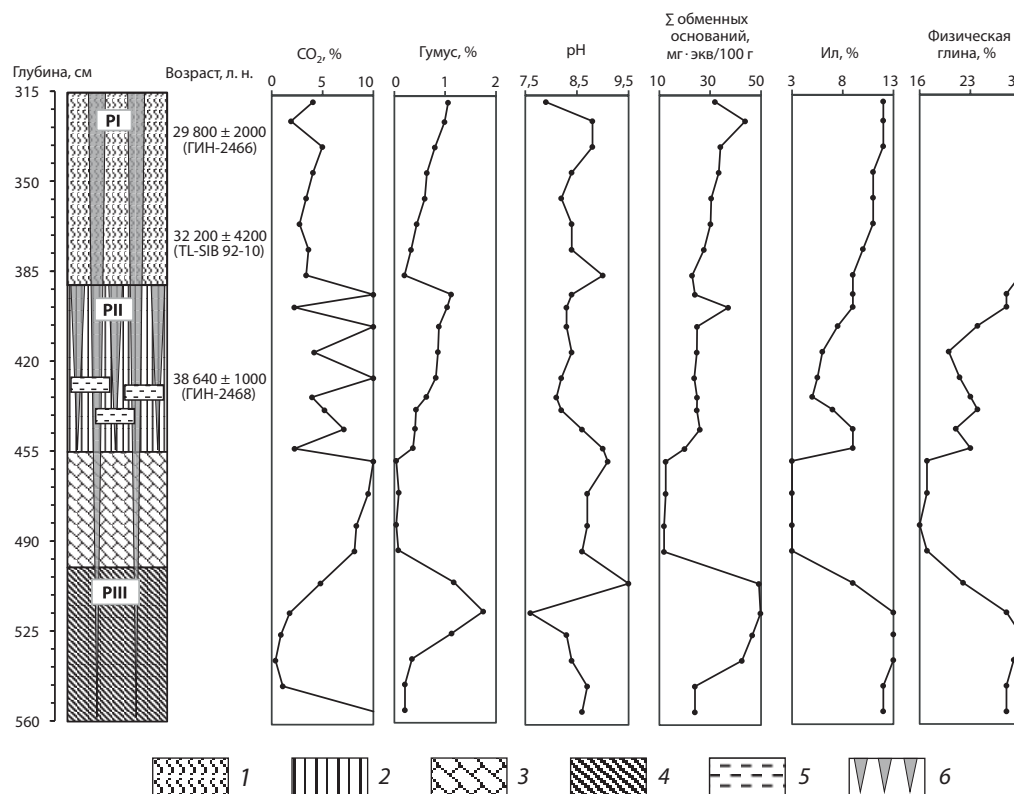
Почвы обладают щелочной и сильнощелочной реакцией среды, что подтверждается показателями pH водной вытяжки в диапазоне от 7,6 до 9,5. Содержание суммы обменных оснований варьируется от 11,9 до 49,8 мг · экв/100 г. Верхняя палеопочва характеризуется повышенным содержанием подвижных форм железа по сравнению с нижележащими (рис. 4). Тип гумуса палеопочв относится к гуматно-фульватному с высоким содержанием негидролизуемого остатка (табл. 3).

Рассчитанные элювиально-иллювиальные коэффициенты ( $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ;  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) указывают на процессы разрушения и перемещения основных компонентов валового химического состава палеопочв. Повышение значений элювиально-иллювиальных коэффициентов свидетельствует о процессах выноса полуторных окислов из горизонта почвы<sup>1</sup>.

Согласно исследованию валового состава педокомплекса каргинского интерстадиала разреза Татышев Красноярской котловины, в раннекаргинской палеопочве процессы разрушения и миграции основных компонентов валового химического состава почвенной массы проявляются незначительно. Соотношения оксидов ( $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  2,95–3,84;  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  8,36–10,22;  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  4,56–6,39) указывают на слабую интенсивность этих процессов (табл. 4). В основной части профиля наблюдается высокое содержание  $\text{SiO}_2$ , концентрация которого уменьшается в нижних горизонтах. Сумма полуторных окислов распределена с незначительной вариацией по профилю. Отмечено накопление  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$  в гумусово-аккумулятивном горизонте, связанное с интенсивными процессами почвообразования. Зафиксирован вынос  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  в нижние горизонты палеопочв, что является результатом слабо выраженных процессов выщелачивания щелочноземельных металлов.

Анализ распределения  $\text{SiO}_2$  в среднекаргинской палеопочве (табл. 4) позволил выявить его неоднородность, характеризующуюся наличием нескольких

<sup>1</sup> Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов: учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. 230 с.



**Рис. 4. Физико-химические свойства палеопочвенного комплекса разреза Татышев**

1 — позднекаргинская палеопочва (PI); 2 — среднекаргинская палеопочва (PII); 3 — горизонт лессовидных отложений, разделяющий палеопочвы; 4 — раннекаргинская палеопочва (PIII); 5 — скопления карбонатов  $\text{CO}_2$ ; 6 — мерзлотные клинья  
Источник: по [19; 23]

**Fig. 4. Physical and chemical properties of the Tatyshev section paleosol complex**

1 — Late Karginsky interstadial paleosol (PI); 2 — Middle Karginsky interstadial paleosol (PII); 3 — loess-like deposits horizon separating paleosols; 4 — Early Karginsky interstadial paleosol (PIII); 5 —  $\text{CO}_2$  carbonates accumulations; 6 — permafrost wedges  
Source: from [19; 23]

Таблица 3

**Групповой и фракционный состав гумуса палеопочв разреза Татышев, в % к общему углероду палеопочв**

Table 3. Group and fractional humus composition of the Tatyshev section paleosols, in % of the total carbon of paleosols

Палеопочва	Интервал глубин, см	$C_{\text{общ}}, \%$	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты				Негидролизующий остаток	Сгк/Сфк
			1	2	3	сумма	1	2	3	сумма		
PI	320–325	0,99	5,9	5,7	8,5	20,1	4,6	8	7,3	19,9	60,0	1,0
PI	335–340	0,80	4,1	3,3	6,3	13,7	1,6	4,0	6,7	12,3	74,0	1,1
PII	395–400	1,04	4,8	4,0	10,7	19,5	3,4	3,7	10,0	17,1	63,3	1,1
PII	420–430	0,82	4,2	4,2	10,0	18,4	3,2	3,2	11,0	17,4	64,2	1,1
PIII	513–520	1,75	5,6	4,4	9,0	18,9	0,2	5,9	11,2	17,3	63,8	1,1

Источник: по [19]

Source: from [19]

**Валовой состав педокомплекса каргинского интерстадиала разреза Татышев**

Table 4. Gross composition of the Karginsky interstadial pedocomplex of the Tatyshev section

Горизонт	Глубина, см	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		10 <sup>-4</sup> , % на прокаленную навеску												
I [AU]	315–320	65,1	8,2	6,5	11,5	3,6	2,0	2,6	0,1	0,2	14,7	4,4	7,9	10,0
	330–340	62,3	8,2	6,1	13,0	5,4	2,0	2,6	0,1	0,2	14,2	4,4	7,6	10,3
	350–360	65,7	8,3	6,4	11,0	3,6	2,0	2,5	0,1	0,2	14,7	4,5	8,0	10,3
I [B <sub>Ca</sub> ]	380–390	65,1	8,2	6,2	10,2	5,4	2,0	2,4	0,1	0,2	14,5	4,5	7,9	10,4
II [AU]	390–395	52,5	8,2	6,1	22,8	5,4	2,0	2,6	0,1	0,2	14,2	4,2	7,2	9,8
	395–400	65,1	10,3	7,5	8,6	3,6	2,0	2,4	0,1	0,2	17,8	3,7	6,3	8,7
II [AUe]	400–410	52,5	8,2	6,1	22,8	5,4	2,0	2,6	0,1	0,2	14,2	4,2	7,2	9,8
	410–420	65,5	8,4	6,5	11,2	3,7	1,4	2,9	0,1	0,2	15,0	4,4	7,8	10,0
	420–430	52,5	8,2	6,1	22,8	5,4	2,0	2,6	0,1	0,2	14,2	4,2	7,2	9,8
II [B <sub>Ca1</sub> ]	435–440	62,5	8,2	6,3	11,9	5,4	2,6	2,6	0,1	0,2	14,5	4,3	7,7	9,9
	450–455	60,3	10,6	6,8	13,1	3,7	2,0	3,0	0,2	0,2	17,4	3,5	5,7	8,9
II [B <sub>Ca2</sub> ]	455–460	50,3	10,0	5,6	22,9	7,1	1,3	2,3	0,2	0,2	15,7	3,2	5,0	9,0
	465–475	53,1	8,0	5,6	22,3	7,0	1,3	2,3	0,1	0,2	13,6	3,9	6,6	9,5
	480–485	54,1	10,0	5,6	19,1	7,1	1,3	2,3	0,2	0,2	15,7	3,5	5,4	9,6
	490–495	56,8	8,0	5,6	18,6	7,0	1,3	2,3	0,1	0,2	13,6	4,2	7,1	10,1
	500–510	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III [AU]	513–520	64,1	10,4	6,3	11,0	3,6	1,3	2,8	0,1	0,2	16,6	3,9	6,2	10,2
	520–530	63,7	10,4	6,4	10,7	3,6	2,0	2,7	0,1	0,2	16,8	3,8	6,1	9,9
	530–540	63,2	10,3	6,7	11,0	3,6	2,0	2,8	0,1	0,2	17,0	3,7	6,1	9,4
	540–550	64,1	10,0	6,7	10,7	3,5	1,9	2,6	0,1	0,2	16,7	3,8	6,4	9,6
III [B <sub>Ca</sub> ]	550–560	48,4	10,6	5,8	23,6	7,4	1,4	2,3	0,2	0,2	16,4	3,0	4,6	8,4

Источник: по [19; 24]

Source: from [19; 24]

пиков концентрации в различных частях профиля. Высокий достоверный коэффициент корреляции между SiO<sub>2</sub> и фракцией песка мелкого (R = 0,7) указывает на то, что наблюдаемое распределение оксида кремния преимущественно обусловлено процессами осадконакопления, а не почвообразованием.

Профиль палеопочвы характеризуется неоднородным распределением карбонатов. Их повышенное содержание (до 10%) в интервалах глубин 390–395 см, 400–410 см и 455–460 см обусловлено мерзлотным вымораживанием<sup>1</sup>. Отмечается выщелачивание щелочноземельных металлов в горизонт II [B<sub>Ca2</sub>].

Позднекаргинская палеопочва (табл. 4) разреза Татышев является низкогумусированной.

Распределение гумуса носит аккумулятивный характер. Анализ валового состава почвы свидетельствует о слабой степени разрушения и миграции основных компонентов, на что указывают значения соотношений SiO<sub>2</sub>/R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4,37–4,49), SiO<sub>2</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (9,98–10,43) и SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7,60–7,95). Отмечается равномерное распределение Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MnO. Na<sub>2</sub>O преимущественно концентрируется в верхней части палеопочвы, в то время как P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> выносится из нее. Валовой состав демонстрирует аккумулятивный характер распределения CaO и суммы полуторных окислов. Наблюдается вынос SiO<sub>2</sub> из почвенного профиля.

В изученных палеопочвах разреза Татышев отмечается высокое содержание фитолитов. Зафиксированы пики их содержания на глубинах 315–330 см (PI); 390–400 см и 420–430 см (PII); 500–510 см (PIII). В нижних частях палеопочв количество фитолитов сокращается (рис. 5).

<sup>1</sup> Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта : учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Астрель-2000, 1999. 762 с.

В процентном соотношении в верхних частях всех палеопочв наряду с разнотравьем преобладают луговые злаки. Относительно высокое содержание осок наблюдается для позднекаргинской палеопочвы (верхние горизонты). Содержание лиственных древесных, лесных и степных злаков сокращается. В верхних горизонтах палеопочв отмечено присутствие фитоцитов хвойных, в средней и нижней частях увеличивается доля степных злаков и лиственных древесных, процент луговых злаков уменьшается, а оски вовсе исчезают.

В горизонте лессовидных отложений, разделяющем палеопочвы, установлено небольшое количество фитоцитов (28–30). Верхняя часть горизонта характеризуется присутствием фитоцитов степных и луговых злаков, единичными зернами лесных злаков, разнотравья и хвойных; в средней части фитоциты отсутствуют. Нижняя часть горизонта демонстрирует преобладание фитоцитов степных злаков с заметным количеством луговых злаков, встречаются оски (до 5 %) и хвойные (до 5 %).

**Спорово-пыльцевой анализ.** Данные спорово-пыльцевого анализа позволили охарактеризовать в общем виде зональные ландшафтно-климатические условия времени формирования каргинских почв. В спорово-пыльцевых спектрах почвенного комплекса и лессовидных отложений 35–45-метровой террасы, содержащих небольшое количество пыльцевого и спорового материала (от 180 в почвах

до 0–50 в лессовидных горизонтах, разделяющих почву), отразился состав растительного покрова, сформированного как на возвышенных пространствах, примыкающих к левобережной части долины р. Енисей, так и на самой Лагерной террасе. В ранее опубликованных палинологических материалах по археологической стоянке Ясное-1 (расположенной в 10 км от разреза Татышев) [25] было установлено, что в **раннекаргинское время** в суровой и влажной климатической обстановке существовали заболоченные таежные ландшафты, состав которых характеризовался присутствием лиственницы, ели и сосны, произрастали зеленые мхи (рис. 6). В дальнейшем произошло сведение таежной растительности, в том числе и вследствие пожаров, поскольку в отложениях были обнаружены частицы древесного угля.

**Среднекаргинское время** характеризовалось также довольно суровыми климатическими условиями. Обнаруженные в отложениях пыльца ели, кедра, сосны, ольховника, полыни, маревых и споры сфагновых и зеленых мхов (рис. 6) указывают на развитие таежных ландшафтов в достаточно холодных и влажных климатических условиях с чередованием заболоченных разреженных таежных ландшафтов в суровых климатических условиях с эпизодами потеплений.

Отложения **позднекаргинского времени** содержат единичные зерна древесных, травянистых

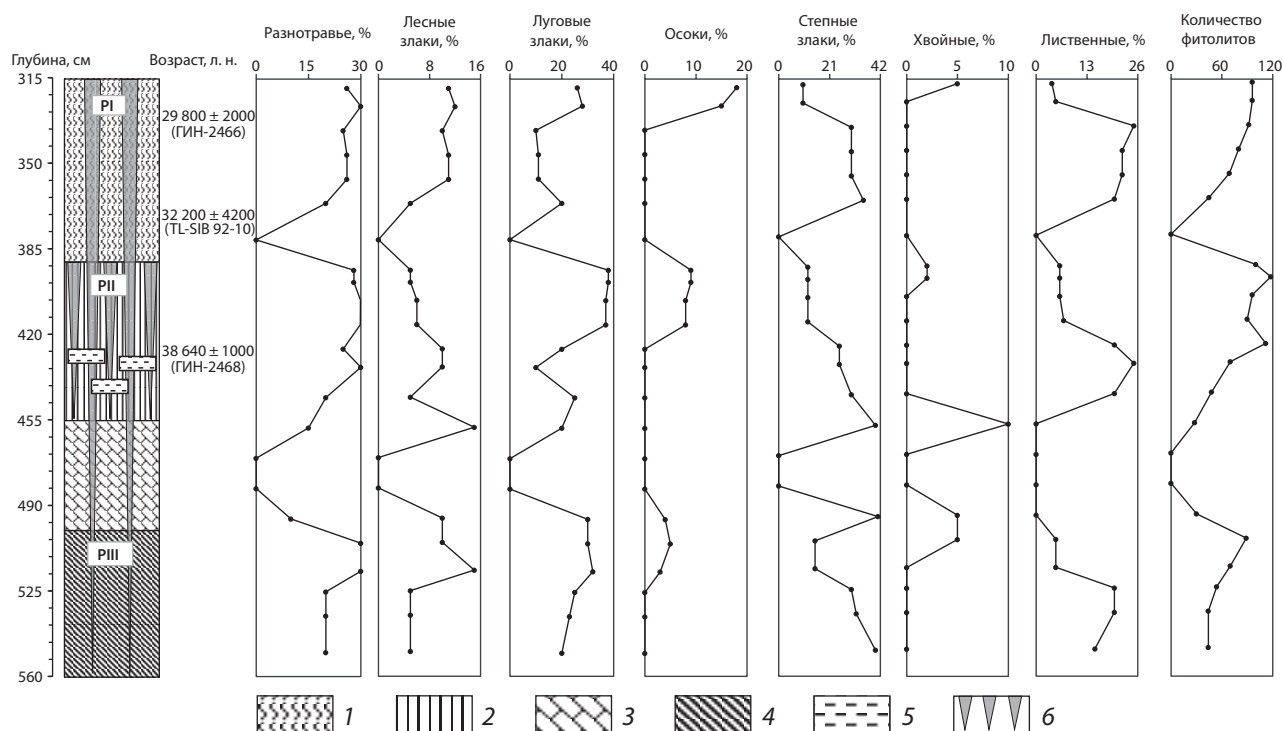


Рис. 5. Содержание фитоцитов в палеопочвенном комплексе разреза Татышев

1 — позднекаргинская палеопочва (PI); 2 — среднекаргинская палеопочва (PII); 3 — горизонт лессовидных отложений, разделяющий палеопочвы; 4 — раннекаргинская палеопочва (PIII); 5 — скопления карбонатов  $\text{CO}_2$ ; 6 — мерзлотные клинья

Fig. 5. Phytolith content in the Tatyshev section paleosol complex

1 — Late Karginsky interstadial paleosol (PI); 2 — Middle Karginsky interstadial paleosol (PII); 3 — loess-like deposits horizon separating paleosols; 4 — Early Karginsky interstadial paleosol (PIII); 5 —  $\text{CO}_2$  carbonates accumulations; 6 — permafrost wedges

и споровых растений, включающих ель, пихту, сосну обыкновенную, древесную и кустарничковую березку, иву, злаков, маревых и сфагнома. Это указывает на достаточно холодные и влажные климатические условия произрастания хвойных лесов, а также на слабо задернованные травянистой растительностью склоны возвышенных пространств.

На рис. 7 представлен фрагмент спорово-пыльцевой диаграммы, характеризующий палеопочвы разреза Татышев в период их формирования.

Формирование нижней части раннекаргинской почвы происходило в довольно теплых и достаточно аридных условиях, затем в холодных и влажных климатических условиях лесостепной котловинной растительности и таежного окружения гор и водораздельных пространств. Среди пыльцы древесных

растений встречена пыльца лиственницы, ели и сосны; пыльца травянистых растений представлена осоками, полынью и маревыми.

Лессовидный горизонт, разделяющий раннекаргинскую и среднекаргинскую почвы, содержит единичные пыльцевые зерна сосны и березы, а также пыльцу селлагинеллы сибирской — вида колоскового мха, произрастающего на сухих и открытых скалах. Вполне вероятно, что климатические условия этого времени изменились в сторону увеличения сухости климата и соответствовали сухостепным ландшафтам.

Среднекаргинская палеопочва формировалась также в достаточно суровых климатических условиях распространения заболоченных таежных ландшафтов, окружающих лесостепную Красноярскую

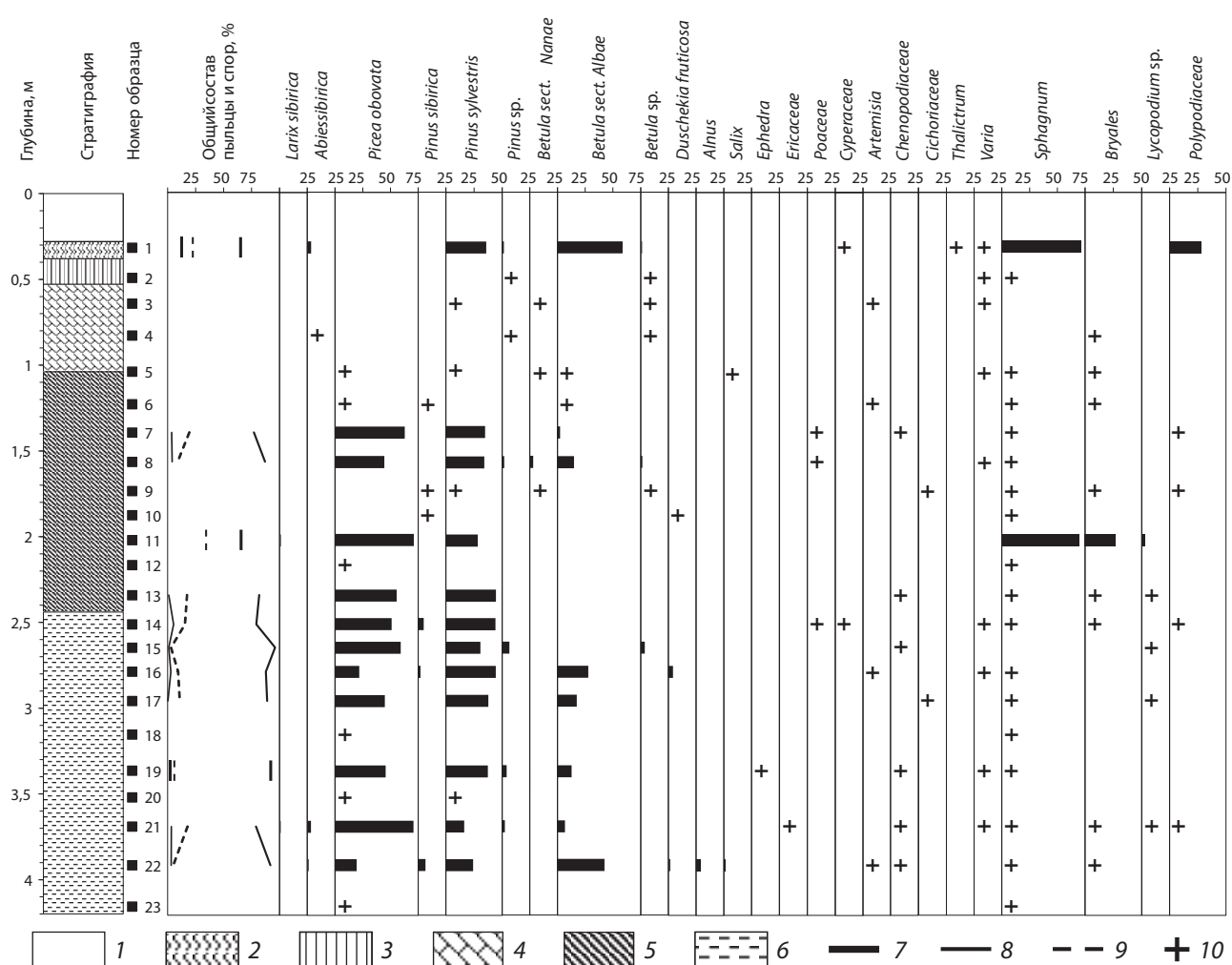


Рис. 6. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Ясное-1

1 — антропогенные отложения; 2 — легкая глина; 3 — тяжелый суглинок; 4 — средний суглинок; 5 — легкий суглинок; 6 — пыльца древесных; 7 — пыльца травянистых; 8 — споры; 9 — обозначено небольшое присутствие в образцах пыльцы и спор растений; 10 — единичные зерна пыльцы и спор

Источник: по [25]

Fig. 6. Spore-pollen diagram of the Yasnoe-1 section

1 — anthropogenic deposits; 2 — light clay; 3 — heavy loam; 4 — medium loam; 5 — light loam; 6 — tree species pollen; 7 — herbaceous pollen; 8 — spores; 9 — small amount of plant pollen and spores in the samples indicated; 10 — single pollen grains and spores

Source: from [25]

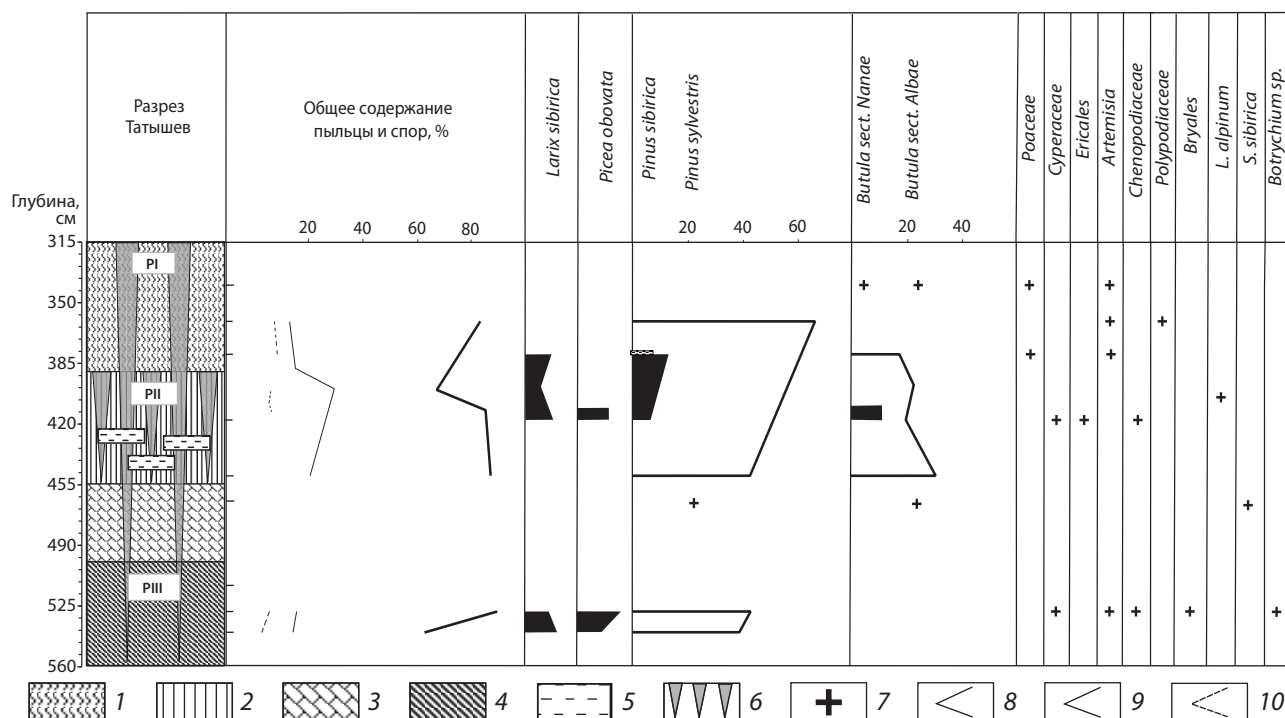


Рис. 7. Спорово-пыльцевая диаграмма каргинского палеопочвенного комплекса разреза Татышев

1 — позднекаргинская палеопочва (PI); 2 — среднекаргинская палеопочва (PII); 3 — горизонт лессовидных отложений, разделяющий палеопочвы; 4 — раннекаргинская палеопочва (PIII); 5 — скопления карбонатов  $\text{CO}_2$ ; 6 — мерзлотные клинья; 7 — единичные пыльцевые зерна и споры; 8 — пыльца древесных; 9 — пыльца травянистых; 10 — споры

Fig. 7. Spore-pollen diagram of the Karginsky paleosol complex of the Tatyshchev section

1 — Late Karginsky interstadial paleosol (PI); 2 — Middle Karginsky interstadial paleosol (PII); 3 — loess-like deposits horizon separating paleosols; 4 — Early Karginsky interstadial paleosol (PIII); 5 —  $\text{CO}_2$  carbonates accumulations; 6 — permafrost wedges; 7 — single pollen grains and spores; 8 — tree species pollen; 9 — herbaceous pollen; 10 — spores

котловину. Обнаружена пыльца смешанного состава хвойных и лиственных древесных растений — лиственницы, ели, кедра, сосны, березы и карликовой березки, а также пыльца травянистых растений — злаковых, осоковых и маревых. Усиление суровости климата отмечено ко второй половине формирования среднекаргинской почвы.

Позднекаргинская почва также формировалась в условиях похолодания климата и усиления увлажнения, на что указывает наличие пыльцы карликовой березки и злаков.

В целом следует сказать, что лессовидные отложения времени формирования каргинских почв содержат очень мало пыльцы и спор, что связано не только с генезисом отложений и климатическими условиями их формирования, но и с их сохранностью.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Каргинское время относится к позднему неоплейстоцену, который является частью мегацикла [26]. Климат Земли претерпевал значительные колебания на протяжении всей своей истории. Наблюдаемые циклические изменения климата дополнялись необратимыми процессами поступательного развития [27; 28].

Каргинский интерстадиал (также именуемый мегаинтерстадиалом или каргинским межледниковым комплексом) датируется радиометрическим методом в диапазоне от 50 до 25 тыс. л. н. В последнее время границы каргинского интерстадиала были скорректированы, охватывая период от 55 (или 50?) до 23 (или 22?) тыс. л. н. Согласно шкале океанических осадков, этот временной промежуток соответствует 56–23 тыс. л. н. Он отождествляется со стадией морской изотопно-кислородной шкалы МИС 3<sup>1</sup> [7].

В разрезе Татышев среднекаргинская палеопочва датируется возрастом  $38\,640 \pm 1000$  л. н. (ГИН-2468), что соответствует подстадии 3.3 по морской изотопной шкале, известной как среднекаргинское или малохетское потепление. Горизонт материнской породы позднекаргинской палеопочвы сформировался в подстадию 3.2 (конощельское похолодание). Позднекаргинская палеопочва датируется возрастом  $29\,800 \pm 200$  л. н. (ГИН-2466), что соответствует подстадии 3.1 (липовско-новоселовское потепление).

В изученном разрезе выявлены три палеопочвы, характеризующиеся следующими особенностями:

<sup>1</sup> Чернов А. В. Историческое землеведение (палеогеография) : учеб. пособие. М. : Моск. гор. пед. ун-т, 2004. 153 с.

очень низким содержанием гумуса, большим количеством карбонатов, щелочной реакцией среды (от слабо- до сильнощелочной), фульватно-гуматным типом гумуса с доминированием фракции 3 как гуминовых, так и фульвокислот (табл. 3). Дифференциация по элементному составу в основном обусловлена процессами осадконакопления, а в меньшей степени — почвообразованием. На основании изучения морфологического строения почв и их физико-химических свойств установлено, что основными почвообразовательными процессами в интерстадиал были: дерновый процесс, гумусообразование и гумусонакопление, оглеение, окарбоначивание, глинисто-иллювиальный и гумусово-иллювиальный.

Результаты валового состава и физико-химических анализов показали, что в ходе развития раннекаргинской палеопочвы (PIII) наблюдалась динамика изменения ее типа. На начальном этапе почвообразования она формировалась как чернозем обыкновенный (типичный), а на завершающей фазе — как чернозем выщелоченный.

На начальной стадии формирования в среднекаргинской палеопочве (PII) фиксировались процессы гумусообразования, гумусонакопления и аккумуляции карбонатов, обусловившие образование чернозема обыкновенного, представленного горизонтами II [AU] – II [B<sub>Ca1</sub>]. По достижении оптимальной стадии развития почвообразовательного процесса активизировалось выщелачивание карбонатов из горизонта II [B<sub>Ca1</sub>] в горизонт II [B<sub>Ca2</sub>], что привело к формированию чернозема выщелоченного, представленного последовательностью горизонтов: II [AU] – II [B<sub>Ca1</sub>] – II [B<sub>Ca2</sub>]. На завершающей стадии развития почвы выделялись процессы слабого оподзоливания, лессивирования и глинисто-иллювиальный процесс. Эти процессы привели к элювиально-иллювиальному дифференцированию палеопочвы и образованию чернозема оподзоленного, представленного горизонтами: II [AU] – II [AUe] – II [B<sub>Ca1</sub>] – II [B<sub>Ca2</sub>]. В ходе периода похолодания климата происходило интенсивное вымораживание карбонатов из мерзлых почв. Вторичное окарбоначивание произошло уже после погребения почвы, что отразилось не только в распределении карбонатов, но и повлияло на pH почвенного раствора.

Позднекаргинская палеопочва (PI) развивалась по типу черноземов обыкновенных. В поздние этапы ее развития выделены признаки гидроморфизма, свидетельствующие о переувлажнении. В результате чернозем обыкновенный трансформировался в лугово-черноземную почву.

Таким образом, палеопочвы разреза Татышев Красноярской котловины на начальной и оптимальной стадиях своего развития формировались по типу чернозема обыкновенного. Характерными для них являлись процессы интенсивного гумусообразования и накопления гумуса, а также аккумуляция карбонатов.

На заключительных стадиях формирования почвы развивались под воздействием повышенной влажности: лугово-черноземные почвы (верхняя палеопочва) отличались развитым дерновым процессом,

интенсивным гумусообразованием и гумусонакоплением, а также гидрогенной миграцией карбонатов; черноземы оподзоленные (средняя палеопочва) формировались в результате гумусообразования и гумусонакопления, лессообразования, слабого оподзоливания и глинисто-иллювиального процесса; черноземы выщелоченные (средняя и нижняя палеопочвы) развивались под воздействием гумусообразования, гумусонакопления, миграции карбонатов, выщелачивания карбонатов и щелочноземельных металлов, а также карбонатно-иллювиального процесса. Также выявлены признаки мерзлотного вымораживания почв. После погребения они прошли стадию вторичного окарбоначивания. Следовательно, палеопочвы Красноярской котловины можно отнести к полигенетическим.

Анализ фитолитного состава указывает на преимущественное формирование палеопочв в условиях лесостепи. Почвы Красноярской котловины первоначально развивались под растительными сообществами остепненных лугов, что свидетельствует о преобладании теплого и умеренно засушливого климата в тот период. В дальнейшем повышалась влажность климата, на что указывает доминирование луговых злаков и появление осок — признаки распространения луговых фитоценозов, которым соответствовал теплый и влажный климат. Появление фитолитов хвойных растений на завершающей стадии почвообразования свидетельствует о холодном периоде.

В спорово-пыльцевых спектрах отложений времени формирования палеопочв нашли отражение степной и лесостепной типы ландшафтов как Красноярской котловины, так и ее таежного окружения.

Следовательно, процесс формирования почв начинался в условиях теплого и сухого климата, а завершался в теплом и влажном. Каждая эпоха почвообразования заканчивалась похолоданием при повышенной влажности. В это время происходило накопление отложений с легким гранулометрическим составом; в оптимальную фазу их аккумуляции климат был сухим и холодным, преобладали степные ландшафты с участием древесных. В заключительную фазу накопления осадков увлажнение увеличивалось.

В результате комплексного исследования педокомплекса разреза Татышев на территории Красноярской котловины установлено соответствие образования педокомплекса, состоящего из трех палеопочв, каргинскому интерстадиалу. Формирование этих палеопочв демонстрирует четкую корреляцию с периодами потепления климата в других регионах Северного полушария<sup>1</sup> [2; 6; 23; 24; 29].

Формирование материнских пород палеопочв соответствует периодам похолодания климата. В ходе каждого потепления наблюдается последовательная смена климатических фаз: от теплого и умеренно аридного к теплему и влажному, а затем к влажно-холодному периоду. В результате таких изменений происходит усиление осадконакопления

<sup>1</sup> Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 335 с.

**Реконструкция палеогеографических условий в каргинский интерстадиал на примере разреза Татышев, Красноярская котловина**

Table 5. Reconstruction of paleogeographic conditions in the Karginsky interstadial based on the Tatyshev section, Krasnoyarsk depression

Лугово-черноземная почва	Лесостепь	Луговые фитоценозы	Холодно и влажно	
			Тепло и влажно	
Чернозем обыкновенный	Лесостепь	Остепненные луга	Тепло и умеренно сухо	
			К	Холодно и сухо
Чернозем оподзоленный	Лесостепь	Луговые фитоценозы		Холодно и влажно
			Тепло и влажно	
Чернозем обыкновенный	Лесостепь	Остепненные луга	Тепло и умеренно сухо	
	Степь	Степные фитоценозы	Холодно и сухо	
	Лесостепь		Холодно и влажно	
Чернозем выщелоченный		Луговые фитоценозы	Тепло и влажно	
Чернозем обыкновенный		Остепненные луга	Тепло и умеренно сухо	

Источник: по [19; 29; 30]

Source: from [19; 29; 30]

и доминирование его над почвообразованием. Для холодного периода осадконакопления также выделяется три этапа: холодный и влажный, холодный и сухой, а затем незначительное потепление с последующей аридизацией (табл. 5). Внутри интерстадиала фиксируются циклы «тепло–холод», которые, подобно циклам межледниковье–оледенение, отражают схему изменения климатических условий, предложенную М. П. Гричук и В. П. Гричук (1960 г.) [31].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, на территории Красноярской котловины в период каргинского интерстадиала выделяются три этапа почвообразования и два — осадконакопления, которые хорошо коррелируют с изменениями климата в это время на других территориях Сибири<sup>1</sup> [2; 6; 23; 24; 29]. Формирование нижней палеопочвы соответствует раннекаргинскому потеплению, соответствующему началу отступления зырянского ледника. Впоследствии наблюдается усиление эрозионных процессов. Тем не менее в разрезе Татышев палеопочва PIII демонстрирует сравнительно хорошую сохранность, что свидетельствует о слабой выраженности этих процессов. Причиной эрозии почв может являться деградация растительного покрова вследствие похолодания климата.

Формирование горизонта лессовидных отложений между нижними и средними палеопочвами совпадает с раннекаргинским похолоданием, датированным 43 тыс. л. н. [32]. Образование средних палеопочв соответствует второму внутрикаргинскому потеплению — малохетскому потеплению,

охватывающему период от 42 до 35 тыс. л. н. Перерыв в почвообразовании относится к конощельскому похолоданию, датированному 34–31 тыс. л. н. [32]. Формирование верхних палеопочв связано с последним каргинским потеплением (30 000–25 000 л. н.) [32].

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене : К IX конгрессу INQUA : Новая Зеландия, 1973. М. : Наука, 1973. 256 с.
2. Зыкина В. С. Позднеплейстоценовые ископаемые почвы юга Средней Сибири (приенисейская часть) // Палеоэкология и расселение древнего человека в Северной Азии и Америке : краткое содерж. докл. междунар. симп., Красноярск, 1 янв. — 31 дек. 1992 г. / под ред. А. П. Деревянко [и др.]. Красноярск : ПИК «Офсет», 1992. С. 102–105.
3. Дрозд Е. Н. Использование палинологических данных для палеогеографических реконструкций // XI Всерос. палинол. конф. «Палинология: теория и практика» : материалы конф., Москва, 27 сент. — 1 окт. 2005 г. / отв. ред. С. А. Афонин, П. И. Токарев. М. : ПИН РАН, 2005. С. 73–74.
4. Почвы в биосфере и жизни человека / Г. В. Добровольский [и др.] ; науч. ред. Г. В. Добровольский, Г. С. Куст, В. Г. Санаев. М. : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2012. 584 с.
5. Archeology of the Lu City: Place memory and urban foundation in Early China / M. Li [et al.] // Archaeological Research in Asia. 2018. Vol. 14. P. 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2017.02.006>.
6. Soil formation, subaerial sedimentation processes and ancient cultures during MIS 2 and the deglaciation phase MIS 1 in the Baikal–Yenisei Siberia (Russia) / G. Vorobieva [et al.] // Geosciences. 2021. Vol. 11, no. 8. P. 323. <https://doi.org/10.3390/geosciences11080323>.
7. Frechen M., Yamskikh A. F. Upper Pleistocene loess stratigraphy in the southern Yenisei Siberia area // Journal of the Geological Society. 1999. Vol. 156. P. 515–525. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.156.3.0515>.
8. Пономарева В. В., Плотнокова Т. А. Гумус и почвообразование. Л. : Наука, 1980. 221 с.

<sup>1</sup> Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1986. 335 с.

9. Handbook for soil thin section description / P. Bullock [et al.]. Wolverhampton, UK : Waine Research, 1985. 152 p.

10. Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А. Микроморфология почв природных зон СССР. Пушкино : ПНЦ РАН, 1992. 214 с.

11. Кузнецов Р. А. Активационный анализ. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Атомиздат, 1974. 343 с.

12. Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов / науч. ред. Г. В. Добровольский. М. ; Сыктывкар ; Элиста : Наука, 2001. 120 с.

13. Пыльцевой анализ / сост. А.Н. Гладкова [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Криштофовича. М. : Изд-во и 1-я тип. Госгеолиздата, 1950. 572 с.

14. Дзюба О.Ф. Атлас пыльцевых зерен (неацетоллизированных и ацетоллизированных), наиболее часто встречающихся в воздушном бассейне восточной Европы. М. : Никомед, 2005. 68 с.

15. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л. : Наука, 1978. Т. 2. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. 183 с.

16. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л. : Наука, 1972. Т. 1. 171 с.

17. Монозон М.Х. Определитель пыльцы видов семейств маревых : (пособие по спорово-пыльцевому анализу). М. : Наука, 1973. 96 с.

18. Колесников Р.А., Ямских А.А., Борисова И.В. Свойства каргинского палеопочвенного комплекса в позднеледниковых отложениях Красноярской котловины // Палеогеография Средней Сибири / науч. ред. В. П. Чеха. Вып. 3. Красноярск : Краснояр. гос. ун-т, 2003. С. 26–33.

19. Колесников Р.А. Почвообразование и природные условия Каргинского интерстадиала на территории котловин Приенисейской Сибири : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.25. Томск, 2005. 23 с.

20. Ямских А.Ф. Лессовые породы в речных долинах Приенисейской Сибири. Красноярск : КГПИ, 1992. 53 с.

21. Ямских А.Ф. Осадконакопление и террасообразование в речных долинах Южной Сибири. Красноярск : КГПИ, 1993. 226 с.

22. Quaternary deposits in 100–120 meter Torgashino terrace and higher Lagernaya terrace of the Yenisei river in Krasnoyarsk depression / A. F. Yamskikh [et al.] // Intracontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis : Field Conf., Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk, 2001. P. 74–86.

23. Колесников Р.А. Физико-химические свойства погребенных почв каргинского интерстадиала // Экология Южной Сибири : материалы Южно-Сибир. междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых, Абакан, 21–24 нояб. 2001 г. Т. 2. Красноярск, 2001. С. 32–33.

24. Yamskikh A. A., Borisova I. V., Kolesnikov R. A. Tatysh island section // Intracontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis : Field Conf., Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk, 2001. P. 70–73.

25. Костеносное местонахождение Ясное-1 в раннем верхнем палеолите Средней Сибири / М. Н. Мещерин [и др.] // Stratum Plus. Археология и культурная антропология. 2025. № 1. С. 197–228. <https://doi.org/10.55086/sp251197228>.

26. Кислов А. В. К теории климата плиоцена — плейстоцена и голоцена // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54, № 1. С. 3–16. <https://doi.org/10.31857/S2949178923010061>.

27. Веклич М. Ф. Палеопедология — наука о древнем почвообразовании // Палеопедология : палеогеографические исследования / отв. ред. М. Ф. Веклич, Н. А. Сиренко. Киев : Наук. думка, 1974. С. 3–14.

28. Величко А. А. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет. М. : ГЕОС, 2002. 231 с.

29. Колесников Р.А. Почвообразование Красноярской котловины в каргинский интерстадиал // Экология и проблемы защиты окружающей среды : тез. докл. VIII Всерос.

студ. науч. конф., Красноярск, 25–27 апр. 2001 г. / отв. ред. Ю. С. Григорьев. Красноярск : Краснояр. гос. ун-т, 2001. С. 77.

30. Tatysh profile of the 35–45 meter polycyclic lagernaya terrace of the Yenisei river, Krasnoyarsk depression / A. F. Yamskikh [et al.] // Intercontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis : Field Conf., Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk, 2001. P. 61–69.

31. Гричук М.П., Гричук В.П. О приледниковой растительности на территории СССР // Перигляциальные явления на территории СССР / под общ. ред. К. К. Маркова, А. И. Попова. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1960. С. 66–100.

32. Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М. : Наука, 1974. 254 с.

## REFERENCES

1. Velitchko A. A. The natural process in Pleistocene: To the IX congress INQUA: New Zealand, 1973. Moscow: Nauka; 1973. 256 p. (In Russ.).
2. Zykina V. S. Late Pleistocene fossil soils of southern Central Siberia (Yenisei region part). *Paleoecology and Settlement of Ancient Man in Northern Asia and America: Summ. of Intern. Symp. Abstr.*, Krasnoyarsk, 1 Jan. — 31 Dec. 1992 / Ed. A. P. Derevyanko [et al.]. Krasnoyarsk: PIK "Ofset"; 1992. P. 102–105. (In Russ.).
3. Drozd A. N. Use of palynological data for palaeogeographical reconstruction. *XI All-Russ. Palynological Conf. "Palynology: Theory & Applications": Proc.*, Moscow, 27 Sept. — 1 Oct. 2005 / Publ. Ed. S. A. Afonin, P. I. Tokarev. Moscow: PIN RAS; 2005. P. 73–74. (In Russ.).
4. Soils in the biosphere and human life / G. V. Dobrovolsky [et al.]; Sci. Ed. G. V. Dobrovolsky, G. S. Kust, V. G. Sanaev. Moscow: Moscow State Forest Univ. Publ. House; 2012. 584 p. (In Russ.).
5. Archeology of the Lu City: Place memory and urban foundation in Early China / M. Li [et al.]. *Archaeological Research in Asia*. 2018; 14: 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2017.02.006>.
6. Soil formation, subaerial sedimentation processes and ancient cultures during MIS 2 and the deglaciation phase MIS 1 in the Baikal-Yenisei Siberia (Russia) / G. Vorobieva [et al.]. *Geosciences*. 2021; 11 (8): 323. <https://doi.org/10.3390/geosciences11080323>.
7. Frechen M., Yamskikh A. F. Upper Pleistocene loess stratigraphy in the southern Yenisei Siberia area. *Journal of the Geological Society*. 1999; 156: 515–525. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.156.3.0515>.
8. Ponomareva V. V., Plotnikova T. A. Humus and soil formation. Leningrad: Nauka; 1980. 221 p. (In Russ.).
9. Handbook for soil thin section description / P. Bullock [et al.]. Wolverhampton, UK: Waine Research; 1985. 152 p.
10. Gerasimova M. I., Gubin S. V., Shoba S. A. Micromorphological features of the USSR zonal soils. Pushchino: PSC RAS; 1992. 214 p. (In Russ.).
11. Kuznetsov R. A. Activation analysis. 2<sup>nd</sup> ed., rev. and enl. Moscow: Atomizdat; 1974. 343 p. (In Russ.).
12. Goleva A. A. Phytoliths and their informational role in studying natural and archaeological objects / Sci. Ed. G. V. Dobrovolsky. Moscow; Syktyvkar; Elista: Nauka Publ. House; 2001. 120 p. (In Russ.).
13. Pollen analysis / Comp. A. N. Gladkova [et al.]; Ed. A. N. Krishtovich. Moscow: Gosgeolizdat Publ. House and First Printing House; 1950. 572 p. (In Russ.).
14. Dzhyuba O. F. Atlas of pollen grains (non-acetolyzed and acetolyzed) most frequently encountered in the air basin of Eastern Europe. Moscow: Nycomed; 2005. 68 p. (In Russ.).
15. Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pollen and plant spores of the flora of the European part of the USSR. Leningrad: Nauka; 1978. Vol. 2. Pollen of dicotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR. 183 p. (In Russ.).
16. Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pollen and plant spores of the flora of the European part of the USSR. Leningrad: Nauka; 1972. Vol. 1. 171 p. (In Russ.).

17. Monoszon M. Kh. Pollen identifier of glasswort species: spore-pollen analysis manual. Moscow: Nauka, 1973. 96 p. (In Russ.).
18. Kolesnikov R. A., Yamskikh A. A., Borisova I. V. Properties of the Karginsky paleosol complex in the Late Pleistocene deposits of the Krasnoyarsk Basin. *Paleogeography of Central Siberia* / Sci. Ed. V. P. Chekha. Vol. 3. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Univ.; 2003. P. 26–33. (In Russ.).
19. Kolesnikov R. A. Soil formation and natural conditions of the Karginsky interstadial in the territory of the Yenisei Siberia region basins: Abstr. of PhD diss. (Geography): 25.00.25. Tomsk; 2005. 23 p. (In Russ.).
20. Yamskikh A. F. Loess rocks in the river valleys of Yenisei Siberia region. Krasnoyarsk: KSPI; 1992. 53 p. (In Russ.).
21. Yamskikh A. F. Sedimentation and terrace formation in the river valleys of Southern Siberia. Krasnoyarsk: KSPI; 1993. 226 p. (In Russ.).
22. Quaternary deposits in 100–120 meter Torgashino terrace and higher Lagermaya terrace of the Yenisei river in Krasnoyarsk depression / A. F. Yamskikh [et al.]. *Intracontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis: Field Conf.*, Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk; 2001. P. 74–86.
23. Kolesnikov R. A. Physicochemical properties of buried soils of the Karginsky interstadial. *Ecology of Southern Siberia: Proc. of the South Siberian Intern. Sci. Conf. of Students and Young Scientists*, Abakan, 21–24 Nov. 2001. Vol. 2. Krasnoyarsk; 2001. P. 32–33. (In Russ.).
24. Yamskikh A. A., Borisova I. V., Kolesnikov R. A. Tatysh island section. *Intracontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis: Field Conf.*, Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk; 2001. P. 70–73.
25. Bone-bearing locality Yasnoye-1 in the Early Upper Paleolithic of Central Siberia / M. N. Meshcherin [et al.]. *Stratum Plus. Archeology and Cultural Anthropology*. 2025; (1): 197–228. <https://doi.org/10.55086/sp251197228>. (In Russ.).
26. Kislov A. V. To the theory of the Pliocene — Pleistocene and Holocene climate. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. 2023; 54 (1): 3–16. <https://doi.org/10.31857/S2949178923010061>. (In Russ.).
27. Veklich M. F. Paleopedology as science of ancient soil formation. *Paleopedology: Paleogeographic studies* / Publ. Ed. M. F. Veklich, N. A. Sirenko. Kyiv: Nauk. Dumka; 1974. P. 3–14. (In Russ.).
28. Velichko A. A. Dynamics of terrestrial landscape components and inner marine basins of Northern Eurasia during the last 130 000 years. Moscow: GEOS; 2002. 231 p. (In Russ.).
29. Kolesnikov R. A. Soil formation of the Krasnoyarsk basin in the Karginsky interstadial. *Ecology and Problems of Environmental Protection: Abstr. of the VIII All-Russ. Student Sci. Conf.*, Krasnoyarsk, 25–27 Apr. 2001 / Publ. Ed. Yu. S. Grigorev. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Univ.; 2001. P. 77. (In Russ.).
30. Tatysh profile of the 35–45 meter polycyclic lagermaya terrace of the Yenisei river, Krasnoyarsk depression / A. F. Yamskikh [et al.]. *Intercontinental Palaeohydrology and River Valley Geomorphogenesis: Field Conf.*, Krasnoyarsk, 24 July — 5 Aug. 2001. Yenisei Siberia, Krasnoyarsk; 2001. P. 61–69.
31. Grichuk M. P., Grichuk V. P. On periglacial vegetation on the USSR territory. *Periglacial phenomena on the USSR territory* / Ed. K. K. Markov, A. I. Popova. Moscow: Moscow Univ. Publ. House; 1960. P. 66–100. (In Russ.).
32. Kind N. V. Geochronology of the Late Anthropogene based on isotopic data. Moscow: Nauka; 1974. 254 p. (In Russ.).

## Галина Юрьевна Ямских

Доктор географических наук, профессор,  
заведующий кафедрой географии

Сибирский федеральный университет,  
Красноярск, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-2289-5285>  
Scopus Author ID 6504637646  
ResearcherID GWB-9418-2022  
SPIN-код РИНЦ 5014-7256  
[yamskikh@mail.ru](mailto:yamskikh@mail.ru)

## Наталья Юрьевна Жаринова

Кандидат биологических наук, доцент,  
доцент кафедры географии

Сибирский федеральный университет,  
Красноярск, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-6544-8584>  
Scopus Author ID 57195931685  
ResearcherID GVVU-9115-2022  
SPIN-код РИНЦ 6686-7113  
[nata\\_1986@bk.ru](mailto:nata_1986@bk.ru)

## Антон Анатольевич Ямских

Кандидат биологических наук,  
доцент, эксперт

ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть»,  
Красноярск, Россия

<https://orcid.org/0009-0004-1109-5217>  
Scopus Author ID 6602995610  
ResearcherID OBO-4449-2025  
[yamskikhaa@knipi.rosneft.ru](mailto:yamskikhaa@knipi.rosneft.ru)

## Galina Yu. Yamskikh

DSc (Geography), Professor,  
Head, Department of Geography

Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-2289-5285>  
Scopus Author ID 6504637646  
ResearcherID GWB-9418-2022  
RSCI SPIN-code 5014-7256  
[yamskikh@mail.ru](mailto:yamskikh@mail.ru)

## Natalya Yu. Zharinova

PhD (Biology), Associate Professor,  
Associate Professor of Department of Geography

Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-6544-8584>  
Scopus Author ID 57195931685  
ResearcherID GVVU-9115-2022  
RSCI SPIN-code 6686-7113  
[nata\\_1986@bk.ru](mailto:nata_1986@bk.ru)

## Anton A. Yamskikh

PhD (Biology),  
Associate Professor, expert

RN-KrasnoyarskNIPIneft LLC,  
Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0009-0004-1109-5217>  
Scopus Author ID 6602995610  
ResearcherID OBO-4449-2025  
[yamskikhaa@knipi.rosneft.ru](mailto:yamskikhaa@knipi.rosneft.ru)

## Дарья Евгеньевна Макаrchук

Кандидат географических наук, доцент,  
доцент кафедры географии

Сибирский федеральный университет,  
Красноярск, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-5629-3450>  
Scopus Author ID 57215008569  
SPIN-код РИНЦ 4147-9153  
bolkunova91@mail.ru

## Darya E. Makarchuk

PhD (Geography), Associate Professor,  
Associate Professor of Department of Geography

Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-5629-3450>  
Scopus Author ID 57215008569  
RSCI SPIN-code 4147-9153  
bolkunova91@mail.ru

## Роман Александрович Колесников

Кандидат географических наук,  
ведущий научный сотрудник сектора геоэкологии

Научный центр изучения Арктики,  
Салехард, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>  
Scopus Author ID 57190337973  
ResearcherID R-6226-2016  
SPIN-код РИНЦ 3211-2066  
RAKolesnikov@yanao.ru

## Roman A. Kolesnikov

PhD (Geography),  
Leading Researcher, Geoecology Sector

Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug,  
Salekhard, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>  
Scopus Author ID 57190337973  
ResearcherID R-6226-2016  
RSCI SPIN-code 3211-2066  
RAKolesnikov@yanao.ru

---

**Вклад авторов:** *Ямских Г. Ю.* — научное руководство, концепция исследования, развитие методологии, организация работ по проекту, палинологические исследования, итоговые выводы.

*Жаринова Н. Ю.* — почвенные исследования, написание исходного текста, подготовка дополнительных материалов, доработка и оформление текста, итоговые выводы.  
*Ямских А. А.* — микроморфологические и геохимические исследования, написание исходного текста, итоговые выводы.  
*Макарчук Д. Е.* — подготовка дополнительных материалов, доработка текста, итоговые выводы.  
*Колесников Р. А.* — почвенные исследования, написание исходного текста, итоговые выводы.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** *Yamskikh G. Yu.* — research supervision, research concept, methodology development, project work organization, palynological studies, final conclusions.

*Zharinova N. Yu.* — soil studies, writing the draft, preparing additional materials, finalizing and formatting the text, final conclusions.  
*Yamskikh A. A.* — micromorphological and geochemical studies, writing the draft, final conclusions.  
*Makarchuk D. E.* — preparing supplementary data, finalizing the text, final conclusions.  
*Kolesnikov R. A.* — soil studies, writing the draft, final conclusions.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.06.2025  
Одобрена после рецензирования 15.08.2025  
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 19.06.2025  
Approved after reviewing 15.08.2025  
Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 56:582.276:551.7.02"622.622"([47+57]-13)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_84-93

**Корреляционный потенциал  
диноцист берриаса (нижний мел)  
Крымско-Кавказско-Каспийского региона****О. В. Шурекова**✉

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт  
им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,  
Olga\_Shurekova@karpinskyinstitute.ru✉

**Ключевые слова:** зона *Boissieri*, виды-индексы, океан *Tethys*, палеопротоны, биособытия, бореально-тетическая корреляция

**Благодарности:** автор выражает благодарность рецензенту за анализ статьи и рекомендации по повышению ее качества.

**Для цитирования:** Шурекова О. В. Корреляционный потенциал диноцист берриаса (нижний мел) Крымско-Кавказско-Каспийского региона // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 84–93. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_84-93](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_84-93)

**Аннотация.** Статья посвящена изучению диноцист верхнего берриаса Крымско-Кавказско-Каспийского региона — единственной территории в пределах России, относящейся в меловой период к северной окраине палеоокеана Тетис, в противовес всей остальной бореальной части страны. Открытие Каспийского палеопротоны в позднем берриасе способствовало обмену тетических и бореальных водных масс. Это время считается идеальным для корреляции отложений Бореальной и Тетической палеогеографических провинций. Комплексы диноцист Крымско-Кавказско-Каспийского региона демонстрируют удивительное сходство между собой, тогда как их сходство с одновозрастным комплексом Бореального Поволжья значительно ниже. В составе верхнеберриасского комплекса региона, большинство видов которого являются космополитными, зафиксированы единичные представители Тетической и Бореальной провинций. Целью исследования являлось выявление корреляционного потенциала диноцист, встречаемых в верхнем берриасе Крымско-Кавказско-Каспийского региона, первое и последнее появления которых увязаны с региональными аммонитовыми шкалами Бореальных и Тетических регионов. В результате анализа эволюционных изменений диноцист установлены виды-коррелянты: *Amphorulacysta? expirata*, *Palaecysta palmula*, *Egmontodinium toryna*, *Phoberocysta neocomica*. Биособытия по этим видам относительно синхронны, что дает дополнительный инструмент при обосновании сопоставления берриасских отложений Бореальных и Тетических регионов.

Original article

UDC 56:582.276:551.7.02"622.622"([47+57]-13)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_84-93

**Correlation potential  
of the Berriasian dinocysts (Lower Cretaceous)  
in the Crimean–Caucasian–Caspian Sea region****O. V. Shurekova**✉

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia,  
Olga\_Shurekova@karpinskyinstitute.ru✉

**Keywords:** *Boissieri* Zone, index species, *Tethys* Ocean, paleostratigraphy, bioevents, Boreal–Tethyan correlation

**Acknowledgments:** the author expresses gratitude to the reviewer for analyzing the manuscript and providing recommendations to improve its quality.



**Abstract.** The paper explores the Upper Berriasian dinocysts in the Crimean–Caucasian–Caspian Sea region, the only territory within Russia that belonged to the northern margin of the Tethys paleocean in the Cretaceous, as opposed to the entire Boreal territory of the country. The emergence of the Caspian Sea paleostrate in the Late Berriasian contributed to the Tethyan and Boreal water masses exchange. This time is considered ideal for correlating the Boreal and Tethyan paleogeographic provinces. The dinocyst assemblages of the Crimean–Caucasian–Caspian Sea region are strikingly similar to one other, while their similarity with the coeval complex of the Boreal Volga region is significantly lower. There are single representatives of the Tethyan and Boreal provinces in the Upper Berriasian

**For citation:** Shurekova O. V. Correlation potential of the Berriasian dinocysts (Lower Cretaceous) in the Crimean–Caucasian–Caspian Sea region. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 84–93. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_84-93](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_84-93)

assemblage of the Crimean–Caucasian–Caspian Sea region, most of whose species are cosmopolitan. The study aimed to identify the correlation potential of dinocysts found in the Upper Berriasian Crimean–Caucasian–Caspian Sea region, whose first and last appearance correlates to regional ammonite scales of the Boreal and Tethyan regions. The evolutionary changes in dinocysts were analyzed to establish the correlative species *Amphorulacysta? expirata*, *Palaecysta palmula*, *Egmontodinium toryna*, *Phoberocysta neocomica*. The bioevents for these species are relatively synchronous, which provides additional grounds for comparing the Berriasian deposits in the Boreal and Tethyan regions.

## ВВЕДЕНИЕ

Крымско-Кавказско-Каспийский регион в ранне-меловую эпоху является единственным на территории России, который относится к северной окраине океана Тетис Средиземноморской палеогеографической провинции. В то время как нижний мел на большей части страны формировался в бореальных бассейнах. Необходимость сопоставления бореальных стратиграфических схем со Средиземноморским стандартом определяет интерес к изучению нижнего мела юго-западных территорий.

Особое значение в раннемеловой истории развития северной окраины океана Тетис имеет позднеберриасское время, когда открылся Каспийский палеопроток между суббореальным бассейном Русской плиты (Русское море–пролив) и Тетисом (рис. 1), ранее разделявшимися в раннем берриасе низменной сушей<sup>1</sup>. Вследствие открытия Каспийского пролива произошла миграция или взаимное проникновение фауны на границе океана Тетис и бореального Русского моря средиземноморских (тетических) и бореальных аммоноидей. Благодаря этому смешанная фауна Русской плиты стала основой для бореально-тетической корреляции верхнего берриаса, что отражено в зональных биостратиграфических схемах Русской плиты<sup>1</sup>. Большой интерес вызывает изучение отложений,

формировавшихся в период обмена водными массами между тетическим и бореальным бассейнами, микропалеонтологическими методами, в том числе палинологическим, объектами исследования которого являются палиноморфы как морского (диноцисты, акритархи, прازیнофиты), так и наземного (споры, пыльца, пресноводные зеленые водоросли) генезиса. Особое значение представляют диноцисты — одноклеточные планктонные водоросли, успешно применяемые для биостратиграфии морских отложений мезозоя как Бореальных, так и Тетических регионов. Настоящее исследование было инициировано с целью выявления корреляционного потенциала диноцист верхнего берриаса Крымско-Кавказско-Каспийского региона, эволюционные изменения которых связаны с региональными аммонитовыми шкалами берриаса Бореальных и Тетических регионов.

Диноцисты нижнего мела Крымско-Кавказско-Каспийского региона систематически изучаются лишь последние 15 лет с разной степенью детальности. Для Горного Крыма разработана региональная шкала для нижнего мела по диноцистам [1; 2], а в Северном Каспии выделены слои с диноцистами в интервалах кимериджа верхней юры — берриаса нижнего мела [3], готерива–апта [4] и баррема–альба [5]. Данные по диноцистам нижнего мела Кавказа единичны [6].

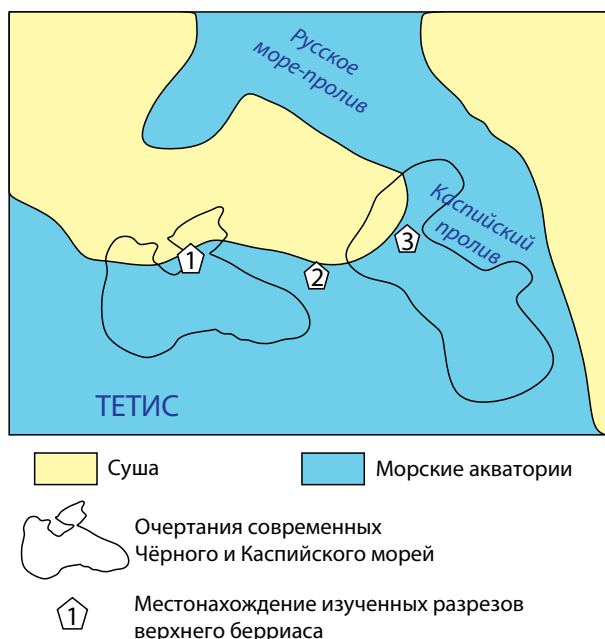
Рис. 1. Упрощенная палеогеографическая схема Черноморско-Кавказско-Каспийского региона в позднеберриасское время\*

Fig. 1. Simplified paleogeographic map of the Black Sea–Caucasus–Caspian Sea region in the Late Berriasian\*\*

\* Проливы Северного полушария в мелу и палеогене : учеб. пособие / Е. Ю. Барабошкин [и др.]. М. : Изд-во геол. фак. МГУ, 2007. 182 с.

\*\* Straits of the Northern Hemisphere in the Cretaceous and Paleogene / E. Yu. Baraboshkin [et al.]. Moscow: Publ. House of Geol. Fac., MSU; 2007. 182 p.

<sup>1</sup> Проливы Северного полушария в мелу и палеогене : учеб. пособие / Е. Ю. Барабошкин [и др.]. М. : Изд-во геол. фак. МГУ, 2007. 182 с.



Современный Средиземноморский стандарт для нижнего мела [7] в Международной стратиграфической шкале включает две аммонитовые зоны верхнего берриаса: *Boissieri* и *Alpillensis*. Для Горного Крыма создана региональная зональная шкала [2], в которой для верхнего берриаса установлены две зоны: *Boissieri* и *Otopeta*. В зональной стратиграфической схеме берриаса Северного Кавказа также выделены две аммонитовые зоны: *Oscitanica* (нижний берриас) и *Boissieri* (верхний берриас) [8]. Согласно принятому постановлению Международной стратиграфической шкалы [9], в Общей стратиграфической шкале нижнего мела России берриасский ярус не разделен на подъярусы, в отличие от международной шкалы, где принято двучленное деление [7]. Для Северного Каспия региональная стратиграфическая схема не разработана, позднеберриасский возраст изученных отложений определен по фауне.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Палинологический анализ берриасских отложений выполнен на основе материала из трех регионов: 1) Горный Крым; 2) Северный Кавказ; 3) северная акватория Российского сектора Каспийского моря (рис. 2).

**Горный Крым.** Изучена коллекция из 17 образцов, отобранных автором в ходе полевых работ в разрезе № 3058, расположенном на юго-западной окраине г. Феодосия в восточной части Крыма, в действующем карьере по добыче глин Заводская Балка ( $45^{\circ}01'49.1''$  с. ш.,  $35^{\circ}20'59.5''$  в. д.). Разрез представлен монотонными серыми глинами султановской свиты (фото автора) (рис. 3) с редкими прослоями мергелей и известняков. В разрезе установлена аммонитовая зона *Boissieri* [10], соответствующая верхней части берриаса Средиземноморского (Тетического) стандарта [7].

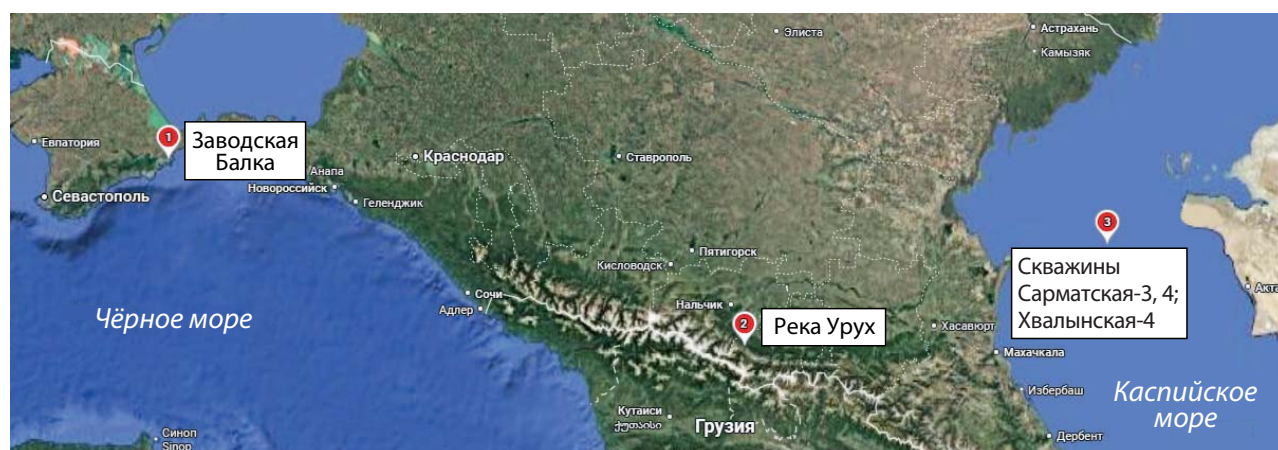


Рис. 2. Местонахождения изученных разрезов

Fig. 2. Studied section locations



Рис. 3. Разрез берриаса в Горном Крыму, карьер Заводская Балка, разрез № 3058

Fig. 3. Berriasian section in the Mountainous Crimea, Zavodskaya Balka quarry, section no. 3,058



**Рис. 4. Разрез берриаса на правом берегу р. Урух, Северный Кавказ**

Источник: фото Е. С. Платонова

**Fig. 4. Berriasian section on the Uruk River right bank, North Caucasus**

Source: photo by E. S. Platonov

**Северный Кавказ, Республика Северная Осетия — Алания.** Разрез берриаса на правом берегу р. Урух (рис. 4) в Дигорском ущелье ( $43^{\circ}03'22.28''$  с. ш.,  $43^{\circ}48'30.10''$  в. д.), представленный переслаиванием глин, известняков и мергелей, насыщенных остатками макро- и микрофауны [11]. По данным В. А. Снежко и др. [12], разрез относится к кобанской свите. Здесь установлены аммонитовые зоны Occitanica и Boissieri верхней части берриаса [8]. Е. С. Платоновым из глинистых частей разреза зоны Boissieri отобрано 7 образцов для палинологического анализа.

**Северная акватория Российского сектора Каспийского моря (Северный Каспий).** Материал представлен 28 образцами керна скважин Сарматская-3, Сарматская-4 и Хвалынская-4 из верхнеюрско-нижнемелового комплекса сульфатно-карбонатных пород с терригенно-карбонатными прослоями [3]. Позднеберриасский возраст отложений подтвержден находками смешанной бореально-тетической фауны: аммонитов, двустворок, брахиопод и фораминифер [3]. При этом удовлетворительная региональная стратиграфическая схема сопоставления верхнеюрско-нижнемеловых отложений акватории Каспия отсутствует [3].

Коллекция из 52 палинологических препаратов (№ ККК-14) хранится в отделе стратиграфии и палеонтологии Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского.

Пробоподготовка включала обработку раздробленных образцов плавиковой и соляной кислотами для удаления силикатов и карбонатов с последующей отмывкой мацерата от кислот через синтетическое

сито с размером ячейки 15 мкм. Палинологический анализ, проводимый в проходящем свете, включал подсчет всех палиноморф до 100 единиц для получения данных о соотношении морских и континентальных таксонов. Далее фиксировались количественные показатели только морского микрофитопланктона для получения статистически адекватных данных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Палинологическое изучение зоны Boissieri в разрезе Восточного Крыма выявило незначительное участие диноцист в палиноспектрах образцов — в среднем 34% (от 17 до 45%) на фоне преобладания палиноморф наземного генезиса (рис. 5). Такое соотношение указывает на мелководно-морские, прибрежные условия осадконакопления [13]. В зоне Boissieri разреза Урух количество диноцист существенно возрастает, достигая 85%, что отражает условия открытого моря [13]. Тенденция увеличения количества диноцист в позднем берриасе продолжается в Северном Каспии, где морские палиноморфы являются безусловными доминантами (рис. 5). Видовое разнообразие комплекса диноцист из прибрежно-морской зоны Boissieri Крыма оказалось наиболее высоким — здесь диагностировано 42 вида, тогда как диноцист верхнего берриаса Северного Кавказа и Северного Каспия зафиксировано 33 и 34 вида соответственно. Этот факт является подтверждением того, что наибольшее разнообразие ископаемых динофлагеллят наблюдается

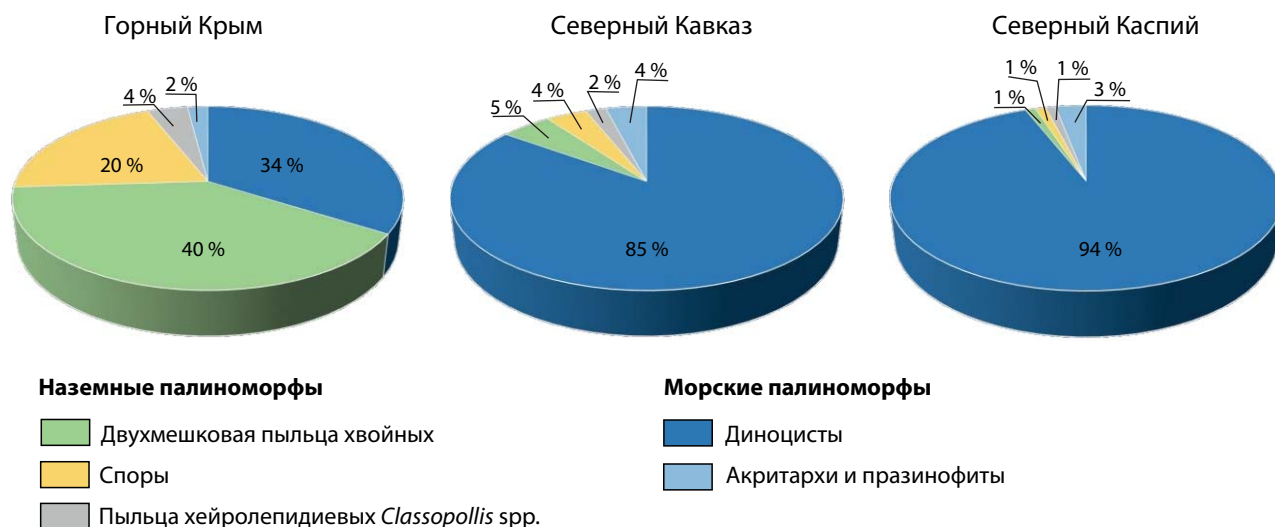


Рис. 5. Соотношение морских и наземных палиноморф в разрезах верхнего берриаса Горного Крыма, Северного Кавказа и Северного Каспия

Fig. 5. Percentage ratio of marine and terrestrial palynomorphs in the Upper Berriasian sections of the Mountainous Crimea, Northern Caucasus, and Northern Caspian Sea region

в неритической зоне древних океанов, насыщенной органическими питательными веществами за счет смылов с берегов и поднятия глубинных вод в зонах апвеллинга [14].

Во всех трех местонахождениях (в зоне Boissieri Горного Крыма и Кавказа и в датированном фауной верхнем берриасе Каспия) установлен единый комплекс диноцист, в котором общими видами являются *Amphorulacysta? expirata* (Davey) Will. et Fens., *Chlamydomphorella nyei* Cook. et Eisen., *Chytroeisphaeridia chytrooides* (Sarj.) Down. et Sarj., *Circulodinium distinctum* (Defl. et Cook.) Jans., *Cometodinium habibii* Mont., *Cribroperidinium* spp., *Ctenidodinium elegantulum* Mill., *Dapsilodinium warrenii* (Habib) Lentin et Will., *Dichadogonyaulax culmula* (Norris) Loeb. et Loeb., *Dingodinium cerviculum* Cook. et Eisen., *Downiesphaeridium tribuliferum* (Sarj.) Masure, *Egmontodinium toryna* (Cook. et Eisen.) Davey, *Gochteodinia* spp. (*G. verrucosa* (Vozzh.) Dörh. et Davies, *G. villosa* (Vozzh.) Norris subsp. *villosa*, *G. villosa* (Vozzh.) Norris subsp. *multifurcata* Davey), *Hystriodinium pulchrum* Defl., *H. voigtii* (Alb.) Davey, *Hystriosphera schindewolfii* Alb., *Isthmocystis distincta* Duxb., *Kleithrisphaeridium* spp. (*K. corrugatum* Davey, *K. eoinodes* (Eisen.) Davey, *K. fasciatum* (Davey et Will.) Davey, *K. porosispinum* Davey), *Muderongia* spp. (*M. simplex* Alb. sensu Riding et al., 2001, *M. endovata* Riding et al., *M. longicorna* Monteil, *M. tomaszowensis* Alb.), *Occisucysta tentorium* Duxb., *Palaecysta palmula* (Davey) Will. et Fens., *Phoberocysta neocomica* (Gocht) Mill., *Prolioxosphaeridium parvispinum* (Defl.) Davey et al., *Scriniodinium campanula* Gocht, *Spiculodinium neptunii* (Eisen.) Duxb., *Spiniferites* ex gr. *ramosus* (Ehrenb.) Loeb. et Loeb., *Systematophora* spp. (*S. areolata* Klem., *S. sp. II* Davey, 1982, *S.? daveyi* Riding et Thom., *S.? ovata* Gitm. et Sarj.), *Taeniophora iunctispina* Klem., *Tehamadinium daveyi* Jan du Chêne et al., *Tubotuberella apatela* (Cook. et Eisen.) Ioann. et al., *Wallodinium* spp. (*W. cylindricum* (Habib) Duxb., *W. krutzschii* (Alb.) Habib, *W. luna*

(Cook. et Eisen.) Lent. et Will., *Wrevittia helicoidea* (Eisen. et Cook.) Helen. et Lucas-Clark).

В составе комплекса, большинство видов которого являются космополитными, присутствуют единичные представители провинциальных областей: *Cometodinium habibii* и *Muderongia longicorna*, характерные для Тетической области, и *Gochteodinia* spp. — для Бореальной. При этом род *Gochteodinia* (*G. villosa*) в бассейне р. Волга появляется в средневожском подъярусе [15], что соответствует верхнему титону, тогда как в Крыму представители этого рода появляются только в позднем берриасе — в период обмена тетическими и бореальными водными массами через Каспийский пролив. Сравнение комплексов подзон с и d зоны *Gochteodinia villosa* рязанского региояруса [16] с позднеберриасским комплексом Горного Крыма показало незначительное количество общих видов — 16.

Для выявления наиболее стратиграфически значимых таксонов для верхнего берриаса был проведен биособытийный<sup>1</sup> анализ встреченных видов диноцист. Для определения изохронности событий использовались эволюционные изменения видов диноцист (первое и последнее появления), сопоставленные с региональными аммонитовыми шкалами видообразования, вымирания или расцвета видов диноцист, распознаваемые в последовательностях осадочных пород и определяемые регионально и межрегионально.

<sup>1</sup> Биособытия (сокращение от «биотическое событие» или «биологическое событие») понимаются в данном случае как изохронные события видообразования, вымирания или расцвета видов диноцист, распознаваемые в последовательностях осадочных пород и определяемые регионально и межрегионально.

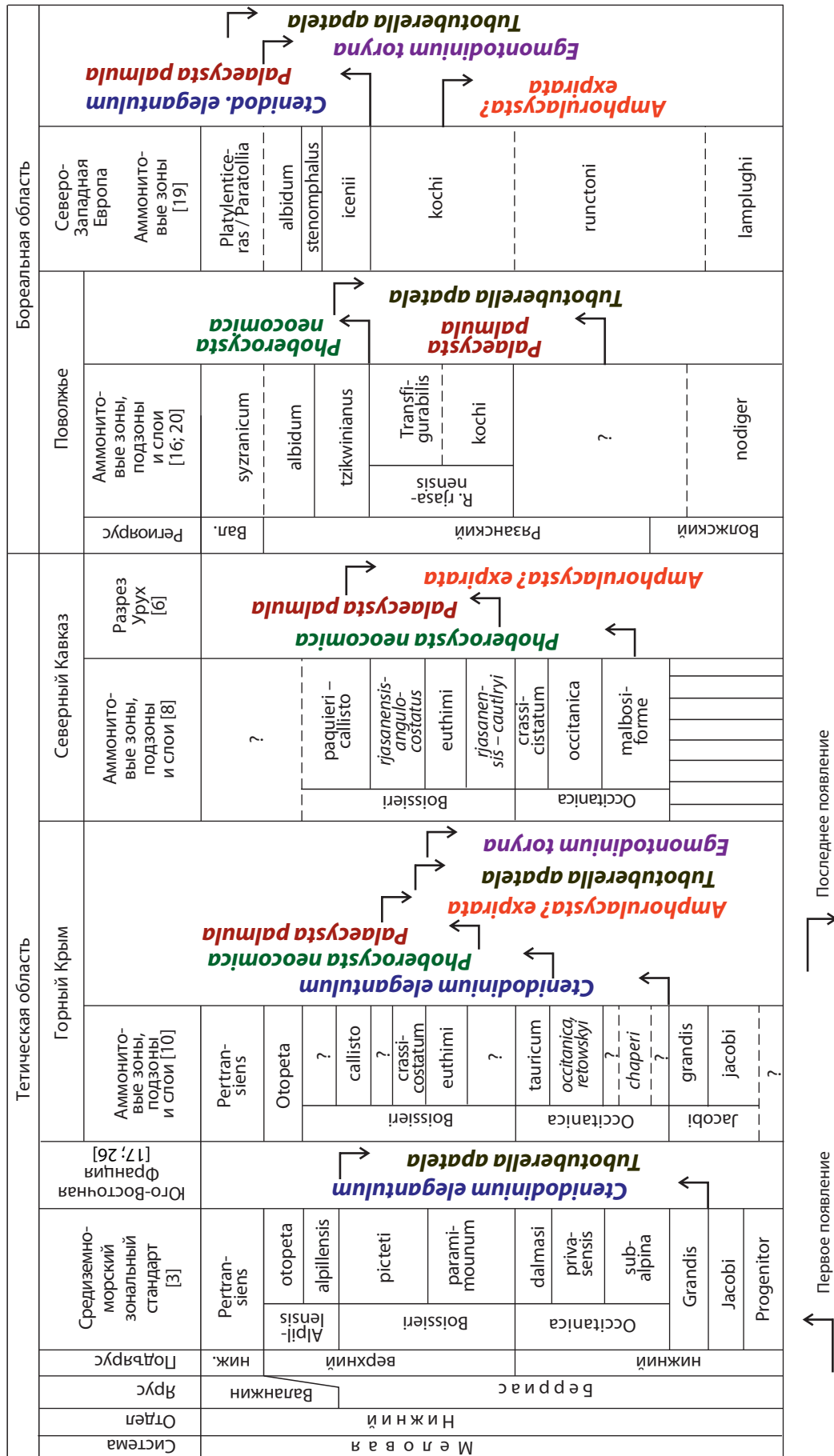


Рис. 6. Биособытия по диноцистам, увязанные с аммонитовыми зональными шкалами Бореальных и Тетических регионов

вида *Ctenodinium elegantulum* в Юго-Восточной Франции отмечено в зоне Grandis [17] (рис. 6), в Бореальной области — в зоне Icenii рязанского региона Нидерландов [18], коррелирующей с верхней частью хронозоны Boissieri и нижней частью хронозоны Alpillensis надобласти Тетис [19], тогда как в Восточном Крыму вид появляется в основании зоны Occitanica.

Первое появление *Phoberocysta neocomica* в бассейне р. Волга (рис. 6) отмечено в а-зоне Tzikwinianus [20], коррелирующей с пограничными частями подзон picteti и alpillensis тетического берриаса. На Кавказе, в разрезе Урух, вид появляется раньше — в подзоне malbosiforme а-зоны Occitanica [6], что соответствует подзоне subalpina хронозоны Occitanica берриаса Средиземноморского стандарта [21]. В Горном Крыму, в сводном разрезе берриаса Центрального Крыма, первое появление *Phoberocysta neocomica* зафиксировано в основании подзоны tauricum а-зоны Occitanica, что соответствует подзоне dalmasi а-зоны Occitanica Средиземноморского стандарта.

Последнее появление вида *Egmontodinium toryna* (рис. 6) в датском секторе Северного моря соотносится с пограничными отложениями зон Albidum и Paratollia [22], с границей берриаса и валанжина Северо-Западной Европы [23] и с кровлей зоны Albidum Нидерландов [18]. Этот уровень коррелирует с границами зон Alpillensis и Pertransiens Средиземноморского стандарта [19]. В Восточном Крыму последнее появление вида зафиксировано в подзоне euthimi зоны Boissieri [24].

Появление *Palaecysta palmula* установлено в отложениях между а-зоной Rjasanensis и Nodiger бассейна р. Волга, разрез Кашпир (рис. 6), что примерно отвечает зоне Occitanica Средиземноморского стандарта [16]. В Северо-Западной Европе вид появляется в зоне Icenii<sup>1</sup>, соответствующей верхней части а-зоны Boissieri и нижней части а-зоны Alpillensis Средиземноморского стандарта [16; 19]. На р. Урух (Северный Кавказ) вид появляется в основании а-зоны Boissieri (подзона R. Rjasanensis — S. cautleyi) [6], что соотносится с основанием подзоны paramitounum зоны Boissieri Средиземноморского стандарта [21]. В Восточном Крыму это событие также зафиксировано в зоне Boissieri — в отложениях, не охарактеризованных фауной, на 10 м ниже подзоны crassicosatum [24].

Верхняя граница диапазона распространения *Amphorulacysta? expirata* зафиксирована в а-зоне Kosi рязанского яруса Нидерландов [25], что коррелируется с нижней частью хронозоны Boissieri Тетической провинции [16; 19]. Согласно данным [22; 23], последнее появление *A.? expirata* (как *Egmontodinium expiratum*) в Северо-Западной Европе соотносится с а-зоной Runctoni, сопоставляемой с верхней частью а-зоны Jacobi и зоной Occitanica берриасского яруса [19]. В Крыму последнее появление вида установлено в отложениях между слоями с callisto и слоями с crassicosatum зоны Boissieri. В разрезе

Урух это событие соотносится со слоями J. Paquieri — B. callisto верхней части зоны Boissieri [6].

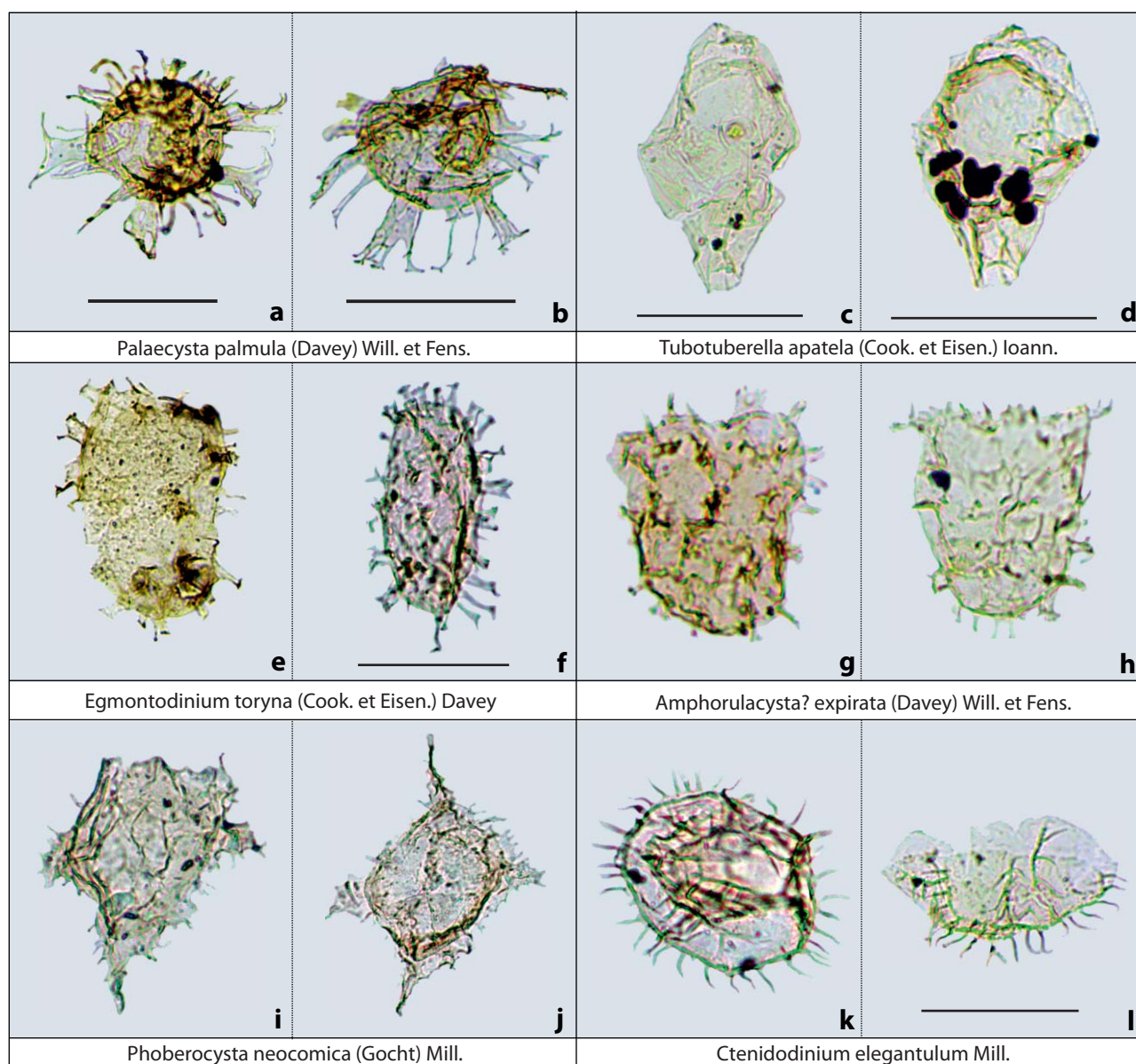
Последнее появление *Tubotuberella apatela* зафиксировано в Восточном Крыму в подзоне crassicosatum а-зоны Boissieri (рис. 6). В Бореальной области это событие приурочено к а-зоне Paratollia нижнего валанжина Британских островов [23]. В бассейне р. Волга последнее появление вида отмечается в а-зоне Tzikwinianus, коррелирующей с подзоной alpillensis зоны Alpillensis верхнего берриаса [16] (зональная шкала Поволжья приведена по [16]). Во Франции присутствие вида ограничено только подзоной picteti зоны Boissieri Средиземноморского стандарта [26].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Изученные комплексы диноцист Крымско-Кавказско-Каспийского региона обнаруживают значительное сходство между собой, тогда как сходство с разновозрастным комплексом Бореального Поволжья в два раза ниже. В составе верхнеберриасского комплекса региона, большинство видов которого являются космополитными, зафиксированы единичные представители Тетической и Бореальной провинций.

Проведенный анализ стратиграфических диапазонов распространения характерных таксонов диноцист, обнаруженных в берриасе Крымско-Кавказско-Каспийского региона, показал, что биособытия первого и последнего появления, происходящие в берриасское время, в нижнемеловых отложениях Бореальных и Тетических областей относительно синхронны (одна-две аммонитовые хронозоны). Все эти биособытия увязаны с аммонитовыми шкалами Горного Крыма, Северного Кавказа, бассейна р. Волга и Северо-Западной Европы, скоррелированными между собой разными исследователями [16; 19; 21]. Для верхнего берриаса выбраны наиболее значимые виды-коррелянты: *Amphorulacysta? expirata*, *Palaecysta palmula*, *Egmontodinium toryna*, *Phoberocysta neocomica* (рис. 7). Последнее появление *Amphorulacysta? expirata* в зоне Boissieri синхронно с таковым на Британских островах и в Нидерландах. Первое появление *Palaecysta palmula* в зоне Boissieri берриаса Горного Крыма соотносится с данными по Кавказу, Поволжью и Великобритании. Последнее появление *Egmontodinium toryna* в зоне Boissieri Горного Крыма весьма близко к таковому в Дании, Нидерландах и Англии и отличается в одну аммонитовую хронозону длительностью примерно  $10^5$ – $10^6$  лет. Первое появление *Phoberocysta neocomica*, установленное в зоне Occitanica берриаса Крыма и Кавказа, отличается от данных по Поволжью в одну аммонитовую зону. Перечисленные биособытия могут быть использованы для дополнительного обоснования сопоставления берриасских отложений Бореальных и Тетических регионов. Датировка отложений по видам-коррелянтам в разрезах, лишенных фаунистических остатков, согласуется с возрастом, установленным по аммонитам, что подтверждает

<sup>1</sup> BioStrat Stratigraphic Consultancy. URL: <https://biostrat.org.uk/> (дата обращения: 01.11.2025).



**Рис. 7. Виды-коррелянты верхнего берриаса Крымско-Кавказско-Каспийского региона**

Местонахождение: *a, b, d, e, g* — Северный Каспий, скв. Сарматская-3, 4, Хвалынская-4; *c, h, l* — Северный Кавказ, разрез р. Урух; *f, i, j, k* — Восточный Крым, карьер Заводская Балка. Масштабная линейка 50 мкм

**Fig. 7. Upper Berriasian correlative species of the Crimean–Caucasian–Caspian Sea region**

Location: *a, b, d, e, g* — Northern Caspian Sea region, Sarmatskaya-3, 4, Khvalynskaya-4 wells; *c, h, l* — Northern Caucasus, Uruk River section; *f, i, j, k* — Eastern Crimea, Zavodskaya Balka quarry. Scale bar 50 µm

высокий стратиграфический потенциал группы. Это может быть эффективно применено для отложений, не охарактеризованных аммонитами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования позднеберриасских диноцист северной окраины палеоокеана Тетис подтвердили высокий стратиграфический потенциал выявленных видов-коррелянтов, что предоставляет дополнительный инструмент для бореально-тетической корреляции в пределах верхнего берриаса.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шурекова О. В. Диноцистовая шкала нижнего мела Горного Крыма // Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал России : материалы Межведомств. рабочего совещ., Санкт-Петербург, 17–20 окт. 2016 г. / отв. ред. Т. Ю. Толмачева. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2016. С. 188–190.
2. Developments in the Cretaceous stratigraphy of Crimea. Part 1. Introduction and the Lower Cretaceous / E. Yu. Baraboshkin [et al.] // Stratigr. Geol. Correl. 2024. Vol. 32. P. 544–611. <https://doi.org/10.1134/S0869593824700163>.
3. Результаты био- и литостратиграфических исследований карбонатных верхнеюрско-нижнемеловых

продуктивных отложений Прикумско-Центрально-Каспийской системы прогибов и поднятий (Северный Каспий) / Е. Ю. Барабошкин [и др.] // Геология нефти и газа. 2025. № 2. С. 73–90.

4. Микропалеонтологическая характеристика готерив-нижнеаптских отложений Северного Каспия / О. И. Смирнова [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2025. № 10. С. 14–26.

5. Диноцисты и их потенциал для биостратиграфии нижнего мела Северного Каспия / О. В. Шурекова [и др.] // Водоросли в эволюции биосферы / отв. ред. С. В. Рожнов. М. : ПИН РАН, 2014. С. 187–205.

6. Шурекова О. В. Диноцисты берриаса разреза Урух (Северный Кавказ) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы IX всерос. совещ. (с междунар. участием), Белгород, 17–23 сент. 2018 г. / под ред. Е. Ю. Барабошкина, Т. А. Липницкой, А. Ю. Гужилова. Белгород : ПОЛИТЕРРА, 2018. С. 282–286.

7. Report on the 7th International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the Kilian Group (Warsaw, Poland, 21st August 2022): State of the art on the current Standard Ammonite Zonation of the Western Tethyan Mediterranean Province / O. Szives [et al.] // Cretaceous Research. 2024. Vol. 153. P. 105716. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2023.105716>.

8. Биохронология и корреляция фанерозоя нефтегазоносных бассейнов России. Вып. 2. Берриас Северного Кавказа (Урухский разрез) / Н. Н. Колпенская [и др.] ; науч. ред. А. А. Киричкова. СПб., 2000. 273 с.

9. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 29 / отв. ред. А. И. Жамойда. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 1997. 35 с.

10. Ammonites and magnetostratigraphy of the Berriasian–Valanginian boundary deposits from eastern Crimea / V. V. Arkadiev [et al.] // Geologica Carpathica. 2017. Vol. 68, no. 6. P. 505–516. <https://doi.org/10.1515/geoca-2017-0033>.

11. Платонов Е. С., Савельева Ю. Н. Берриасские и валанжинские кальпионеллиды и остракоды Северного Кавказа // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы IX всерос. совещ. (с междунар. участием), Белгород, 17–23 сент. 2018 г. / под ред. Е. Ю. Барабошкина, Т. А. Липницкой, А. Ю. Гужилова. Белгород : ПОЛИТЕРРА, 2018. С. 229–235.

12. Снежко В. А., Богданова Т. Н., Снежко В. В. Нижнемеловые отложения центральной и восточной частей северного склона Большого Кавказа (палеонтологическое и литологическое сопоставление) // Региональная геология и металлогения. 2018. № 74. С. 59–70.

13. Возможность палинофациального анализа в палеогеографических построениях (байос–валанжин, Западная Сибирь) / Е. Г. Раевская [и др.] // Интегративная палеонтология: перспективы развития для геологических целей : материалы LXIII сес. Палеонтол. о-ва при РАН, Санкт-Петербург, 3–7 апр. 2017 г. СПб. : Всерос. науч.-исслед. геол. ин-т им. А. П. Карпинского, 2017. С. 123–125.

14. Chen B., Irwin A. J., Finkel Z. V. Biogeographic distribution of diversity and size-structure of organic-walled dinoflagellate cysts // Mar Ecol Prog Ser. 2011. Vol. 425. P. 35–45. <https://doi.org/10.3354/meps08985>.

15. Волжский ярус верхней юры и рязанский ярус нижнего мела Панбореальной биогеографической надобласти / М. А. Рогов [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2024. Т. 32, № 6. С. 30–73. <https://doi.org/10.31857/S0869592X24060027>.

16. Inter-regional correlation of Jurassic/Cretaceous boundary strata based on the Tithonian–Valanginian dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Volga Basin, western Russia / I. C. Harding [et al.] // Review of Palaeobotany and Palynology. 2011. Vol. 167, nos. 1–2. P. 82–116. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2011.07.002>.

17. Monteil E. Dinoflagellate cyst biozonation of the Tithonian and Berriasian of South-East France. Correlation

with the sequence stratigraphy // Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine. 1993. Vol. 17, no. 1. P. 249–273.

18. Hergreen G. F. W., Kerstolt S. J., Munsterman D. K. Callovian-Ryazanian ('Upper Jurassic') palynostratigraphy of the Central North Sea Graben and Vlieland Basin, the Netherlands : Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. No. 63. Haarlem, Netherlands : Boom Planeta de Grafische, 2000. 99 p.

19. Chapter 27 — The Cretaceous period // Geologic Time Scale 2020 / A. S. Gale [et al.]. 2020. Vol. 2. P. 1023–1086. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00027-9>.

20. Riding J. B., Fedorova V. A., Ilyina V. I. Jurassic and lowermost Cretaceous dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Russian Platform and northern Siberia, Russia // AASP Contributions Series. No. 36. Dallas, TX : Amer. Assoc. of Stratigraphic Palynologists Found., 1999. 184 p.

21. Сей И. И., Калачева Е. Д. Граница юрской и меловой систем в Бореальной области (биостратиграфия, бореально-тетическая корреляция) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1997. Т. 5, № 1. С. 42–59.

22. Heilmann-Clausen C. Lower Cretaceous dinoflagellate biostratigraphy in the Danish Central Trough : Danmarks Geologiske Undersøgelse. Ser. A. No. 17. København : 1 kommiss. hos C. A. Reitzels forl., 1987. 89 p. <https://doi.org/10.34194/seriea.v17.7036>.

23. Costa L. I., Davey R. J. Dinoflagellate cysts of the Cretaceous System // A Stratigraphic Index of dinoflagellate cysts : Brit. Micropalaeontol. Soc. publ. ser. Vol. 13 / Ed. A. J. Powell. Dordrecht, Netherlands : Kluwer Acad. Publ., 1992. P. 99–154.

24. Microbiostratigraphy of the Berriasian–Valanginian boundary in eastern Crimea: Foraminifers, ostracods, organic-walled dinoflagellate cysts / Yu. N. Savelieva [et al.] // Geologica Carpathica. 2017. Vol. 68, no. 6. P. 517–529. <https://doi.org/10.1515/geoca-2017-0034>.

25. Biostratigraphy of Jurassic–Cretaceous boundary strata in the Terschelling Basin, The Netherlands / O. A. Abbink [et al.] // Proceedings of the Yorkshire Geological Society. 2001. Vol. 53. P. 275–302. <https://doi.org/10.1144/pygs.53.4.275>.

26. Monteil E. Kystes de Dinoflagellés index (Tithonique–Valanginien) du sud-est de la France. Proposition d'une nouvelle zonation palynologique // Revue de Paléobiologie. 1992. Vol. 11. P. 299–306.

## REFERENCES

1. Shurekova O. V. Dinocyst scale of the Lower Cretaceous of Mountainous Crimea. *General Stratigraphic Scale and Methodological Problems of Developing Regional Stratigraphic Scales of Russia: Proc. of the Interdep. Working Meeting*, Saint Petersburg, 17–20 Oct. 2016 / Publ. Ed. T. Yu. Tolmacheva. St. Petersburg: VSEGEI Publ. House; 2016. P. 188–190. (In Russ.).

2. Developments in the Cretaceous stratigraphy of Crimea. Part 1. Introduction and the Lower Cretaceous / E. Yu. Baraboshkin [et al.]. *Stratigr. Geol. Correl.* 2024; 32: 544–611. <https://doi.org/10.1134/S0869593824700163>.

3. Results of bio- and lithostratigraphic studies of carbonate Upper Jurassic-Lower Cretaceous productive deposits of the Prikumsko-Central-Caspian system of troughs and uplifts (Northern Caspian) / E. Yu. Baraboshkin [et al.]. *Russian Oil and Gas Geology*. 2025; (2): 73–90. (In Russ.).

4. Micropaleontological characteristics of the Hauteriv-Lower Aptian deposits of the Northern Caspian Sea / O. I. Smirnova [et al.]. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*. 2025; (10): 14–26. (In Russ.).

5. Dinocysts and their potential for Lower Cretaceous biostratigraphy of the Northern Caspian / O. V. Shurekova [et al.]. *Algae in the biosphere evolution* / Publ. Ed. S. V. Rozhnov. Moscow: PIN RAS; 2014. P. 187–205. (In Russ.).

6. Shurekova O. V. Berriasian dynocysts of the section Uruh (North Caucasus). *Cretaceous System of Russia and Near Abroad: Problems of Stratigraphy and Paleogeography: Proc. of Ninth All-Russ. Conf. (with Intern. Participation)*, Belgorod,

17–23 Sept. 2018 / Eds. E. Yu. Baraboshkina, T. A. Lipnitskaya, A. Yu. Guzhikov. Belgorod: POLITERRA; 2018. P. 282–286. (In Russ.).

7. Report on the 7th International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the Kilian Group (Warsaw, Poland, 21st August 2022): State of the art on the current Standard Ammonite Zonation of the Western Tethyan Mediterranean Province / O. Szives [et al.]. *Cretaceous Research*. 2024; 153: 105716. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2023.105716>.

8. Biochronology and correlation of Phanerozoic of oil and gas basins of the Russia. Vol. 2. The Berriasian of the North Caucasus (Uruk section) / N. N. Kolpenskaya [et al.]; Sci. Ed. A. I. Kiritchkova. St. Petersburg; 2000. 273 p. (In Russ.).

9. Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its standing commissions. Vol. 29 / Publ. Ed. A. I. Zhamoïda. St. Petersburg: VSEGEI Publ. House; 1997. 35 p. (In Russ.).

10. Ammonites and magnetostratigraphy of the Berriasian–Valanginian boundary deposits from eastern Crimea / V. V. Arkadiev [et al.]. *Geologica Carpathica*. 2017; 68 (6): 505–516. <https://doi.org/10.1515/geoca-2017-0033>.

11. Platonov E. S., Savelieva Yu. N. Berriasian and Valanginian calpionellids and ostracods of the North Caucasus. *Cretaceous System of Russia and Near Abroad: Problems of Stratigraphy and Paleogeography: Proc. of Ninth All-Russ. Conf. (with Intern. Participation)*, Belgorod, 17–23 Sept. 2018 / Eds. E. Yu. Baraboshkina, T. A. Lipnitskaya, A. Yu. Guzhikov. Belgorod: POLITERRA; 2018. P. 229–235. (In Russ.).

12. Snezhko V. A., Bogdanova T. N., Snezhko V. V. Lower Cretaceous sediments in the central and eastern parts of the Greater Caucasus' northern slope (paleontological and lithological comparison). *Regional Geology and Metallogeny*. 2018; (74): 59–70. (In Russ.).

13. Possibilities of palynofacies analysis in paleogeographic constructions (Bajocian–Valanginian, Western Siberia) / E. G. Raevskaya [et al.]. *Integrative paleontology: Development perspectives for geological purposes : Materials of the LXIII sess. of the Paleontol. Soc. at the Russ. Acad. of Sci.*, Saint Petersburg, 3–7 Apr. 2017. St. Petersburg: All-Russ. Geol. Research Inst. of A. P. Karpinsky. St. Petersburg; 2017. P. 123–125. (In Russ.).

14. Chen B., Irwin A. J., Finkel Z. V. Biogeographic distribution of diversity and size-structure of organic-walled dinoflagellate cysts. *Mar Ecol Progr Ser*. 2011; 425: 35–45. <https://doi.org/10.3354/meps08985>.

15. Volgian stage of the Upper Jurassic and Ryazanian stage of the Lower Cretaceous of the Panboreal biogeographic Superrealm / M. A. Rogov [et al.]. *Stratigr. Geol. Correl.* 2024; 32 (6): 30–73. (In Russ.).

16. Inter-regional correlation of Jurassic/Cretaceous boundary strata based on the Tithonian–Valanginian dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Volga Basin, western Russia / I. C. Harding [et al.]. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2011; 167 (1–2): 82–116. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2011.07.002>.

17. Monteil E. Dinoflagellate cyst biozonation of the Tithonian and Berriasian of South-East France. Correlation with the sequence stratigraphy. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine*. 1993; 17 (1): 249–273.

18. Hengreen G. F. W., Kerstholt S. J., Munsterman D. K. Callovian–Ryazanian ('Upper Jurassic') palynostratigraphy of the Central North Sea Graben and Vlieland Basin, the Netherlands: Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. No. 63. Haarlem, Netherlands: Boom Planeta de Grafische; 2000. 99 p.

19. Chapter 27 — The Cretaceous period / A. S. Gale [et al.]. *Geologic Time Scale 2020*. 2020; 2: 1023–1086. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00027-9>.

20. Riding J. B., Fedorova V. A., Ilyina V. I. Jurassic and lowermost Cretaceous dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Russian Platform and northern Siberia, Russia. *AASP Contributions Series*. No. 36. Dallas, TX: Amer. Assoc. of Stratigraphic Palynologists Found.; 1999. 184 p.

21. Sei I. I., Kalacheva E. D. Jurassic–Cretaceous boundary in the Boreal realm (biostratigraphy, Boreal–Tethyan correlation). *Stratigr. Geol. Correl.* 1997; 5 (1): 42–59. (In Russ.).

22. Heilmann-Clausen C. Lower Cretaceous dinoflagellate biostratigraphy in the Danish Central Trough: Danmarks Geologiske Undersøgelse. Ser. A. No. 17. København: I kommiss. hos C. A. Reitzels forl. ; 1987. 89 p. <https://doi.org/10.34194/seriea.v17.7036>.

23. Costa L. I., Davey R. J. Dinoflagellate cysts of the Cretaceous System. *A Stratigraphic Index of dinoflagellate cysts: Brit. Micropalaeontol. Soc. publ. ser.* Vol. 13 / Ed. A. J. Powell. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Acad. Publ.; 1992. P. 99–154.

24. Microbiostratigraphy of the Berriasian–Valanginian boundary in eastern Crimea: Foraminifers, ostracods, organic-walled dinoflagellate cysts / Yu. N. Savelieva [et al.]. *Geologica Carpathica*. 2017; 68 (6): 517–529. <https://doi.org/10.1515/geoca-2017-0034>.

25. Biostratigraphy of Jurassic–Cretaceous boundary strata in the Terschelling Basin, The Netherlands / O. A. Abbink [et al.]. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*. 2001. Vol. 53. P. 275–302. <https://doi.org/10.1144/pygs.53.4.275>.

26. Monteil E. Dinoflagellate cyst index (Tithonian–Valanginian) from the South-East France. Proposal for a new palynological zoning. *Revue de Paléobiologie*. 1992; (11): 299–306. (In French).

## Ольга Викторовна Шурекова

Ведущий инженер,  
отдел стратиграфии и палеонтологии

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-0446-9637>

Scopus Author ID 56588016400

ResearcherID MFH-8558-2025

SPIN-код РИНЦ 8582-2470

Olga\_Shurekova@karpinskyinstitute.ru

## Olga V. Shurekova

Leading Engineer,  
Department of Stratigraphy and Paleontology

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-0446-9637>

Scopus Author ID 56588016400

ResearcherID MFH-8558-2025

RSCI SPIN-code 8582-2470

Olga\_Shurekova@karpinskyinstitute.ru

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** the author declares no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.09.2025

Одобрена после рецензирования 10.11.2025

Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 19.09.2025

Approved after reviewing 10.11.2025

Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 551.7.02"622.62"(571.1-18)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_94-102

## Проблема корреляции отложений рязанского и валанжинского ярусов на северо-востоке Западной Сибири

И. В. Кислухин<sup>✉</sup>, Г. Л. РозбаеваООО «РН-Геология Исследования Разработка», Тюмень, Россия,  
IVKislukhin@rn-gir.rosneft.ru<sup>✉</sup>

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

**Ключевые слова:** нижнемеловые отложения, стратиграфия, поверхность несогласия, маркирующие горизонты, структурно-фациальный район

**Для цитирования:** Кислухин И. В., Розбаева Г. Л. Проблема корреляции отложений рязанского и валанжинского ярусов на северо-востоке Западной Сибири // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 94–102. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_94-102](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_94-102)

**Аннотация.** Обсуждаются результаты комплексного изучения нижнемеловых отложений в зоне сочленения различных структурно-фациальных районов на северо-востоке Западной Сибири: Туруханского, Тазовского и Малохетского подрайона Усть-Енисейского района. Исследование основано на анализе материалов трехмерной сейсморазведки, каротажных диаграмм по скважинам, а также на данных седиментологического и биостратиграфического изучения керна. Существующая региональная стратиграфическая схема нижнемеловых отложений не содержит однозначного варианта сопоставления продуктивных пластов прибрежного и мелководно-морского типа рязанского и валанжинского ярусов. В статье приведены результаты исследования тагринской пачки глин. Установление поверхности несогласия в ее подошве в двух (из трех) анализируемых структурно-фациальных районах дает основание для экстраполяции полученных данных на прилегающие территории. Выявление стратиграфических перерывов, которые фиксируются на основе методов ихнофациального анализа, изменения литологического состава на контакте пород, и увязка полученных результатов с геолого-геофизической информацией помогают решению этой задачи. В качестве критерия достоверности при корреляции каротажных диаграмм предлагается учитывать поверхность регионального несогласия, отражающую границу двух формационных комплексов. Это положение рекомендуется внести в действующие стратиграфические схемы. Использование поверхности регионального стратиграфического перерыва в качестве базового критерия позволит повысить достоверность стратиграфических схем для различных структурно-фациальных районов.

Original article

UDC 551.7.02"622.62"(571.1-18)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_94-102

## The Ryazanian–Valanginian correlation problem in northeastern West Siberia

I. V. Kislukhin<sup>✉</sup>, G. L. RozbaevaRN-Geology Research Development, Tyumen, Russia,  
IVKislukhin@rn-gir.rosneft.ru<sup>✉</sup>

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**Abstract.** The paper comprehensively discusses the Lower Cretaceous in the junction zone of different structure-facies areas in northeastern West Siberia: Turukhansk, Tazovsky, and Malaya Kheta structure-facies sub-areas of the Ust-Yenisei region. The authors analyze three-dimensional seismic survey data, well logs, as well as sedimentological and biostratigraphic investigation of core samples. The current Lower Cretaceous regional stratigraphic scheme does not provide a single correlation between coastal and shallow marine types of the Ryazanian and Valanginian productive beds. The research findings pertain to the Tagrinskoye clay unit. An unconformity surface at its bottom in two (out of three) analyzed structure-facies areas gives grounds for extending the results to adjacent territories.



**Keywords:** *Lower Cretaceous deposits, stratigraphy, unconformity surface, marker horizon, structure-facies area*

**For citation:** Kislukhin I. V., Rozbaeva G. L. The Ryazanian–Valanginian correlation problem in northeastern West Siberia. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 94–102. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_94-102](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_94-102)

Identification of stratigraphic hiatuses after analyzing ichnofacies and lithological composition changes at rock contacts, as well as correlating the results to geological and geophysical data contribute to the stratigraphic hiatus problem solution. It is proposed to consider the regional unconformity surface reflecting the boundary of two formation complexes as a validation criterion when correlating well logs. This statement should be included in the current stratigraphic schemes. Using the regional stratigraphic hiatus surface as a correlation criterion will increase reliability of stratigraphic schemes in various structure-facies zones.

## ВВЕДЕНИЕ

В XXI в. отмечается смещение акцента проведения геологоразведочных работ в северные и северо-восточные районы Западной Сибири. Здесь, в результате комплексного изучения нижнемеловых отложений — основного перспективного уровня, — в последние годы открыты новые залежи и месторождения нефти и газа. Появление новых геолого-геофизических сведений и использование современных методов био- и магнитостратиграфии позволили сформировать целостное представление о строении перспективных отложений Западной Сибири. Это представление, основанное на результатах региональных исследований, направлено на выявление основных закономерностей формирования осадочных комплексов в рамках изучения крупных территорий, понимание механизмов накопления осадков в различных фациальных зонах, построение концептуальных моделей, прогнозирование зон развития улучшенных коллекторов, а также областей генерации и аккумуляции залежей углеводородного сырья. Принципиально новым инструментом корреляции стала предложенная шкала региональных маркирующих горизонтов, представляющих регионально распространенные глинистые пачки, являющиеся покрывками неоконских резервуаров [1].

В публикациях последних лет многие исследователи, такие как В. Ф. Гришкевич, С. В. Ершов, Г. Л. Розбаева, В. В. Шиманский и др. [1–4], в рамках изучения отложений северо-восточных районов Западной Сибири предложили схемы стратификации и корреляции пластов шельфовых и глубоководных частей нижнемеловых отложений.

Однако в направлении бортовых частей бассейна, близких к источникам сноса осадочного материала, которые формировались в переходных условиях, не всегда удается выделить предлагаемые глинистые маркирующие пачки (по причине опесчанивания отложений), что приводит к неоднозначности в решении вопроса стратификации объектов. Поэтому сопоставление отложений в зонах сочленения Усть-Енисейского, Туруханского и Тазовского структурно-фациальных районов на восточной окраине Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции является достаточно сложной задачей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы палеогеографические построения, выполненные В. В. Шиманским с соавторами [4]. Согласно этой работе, на северо-востоке

Западно-Сибирской провинции в раннемеловое время основная масса терригенного материала, поступавшего в осадочный бассейн, отлагалась в наиболее глубокой части Большехетской впадины, к западу от рассматриваемой территории. Южнее, где глубина моря была значительно меньше, а углы залегания слоев более пологими, существовала обширная область накопления отложений в шельфовой зоне. На юго-востоке, за пределами рассматриваемой территории, располагалась денудационно-аккумулятивная равнина [4]. Ввиду неоднозначности сопоставления пограничного интервала юры и мела в тетических и бореальных районах в настоящее время рекомендуется использование рязанского регионального яруса вместо берриасского яруса тетической надобласти районов [5].

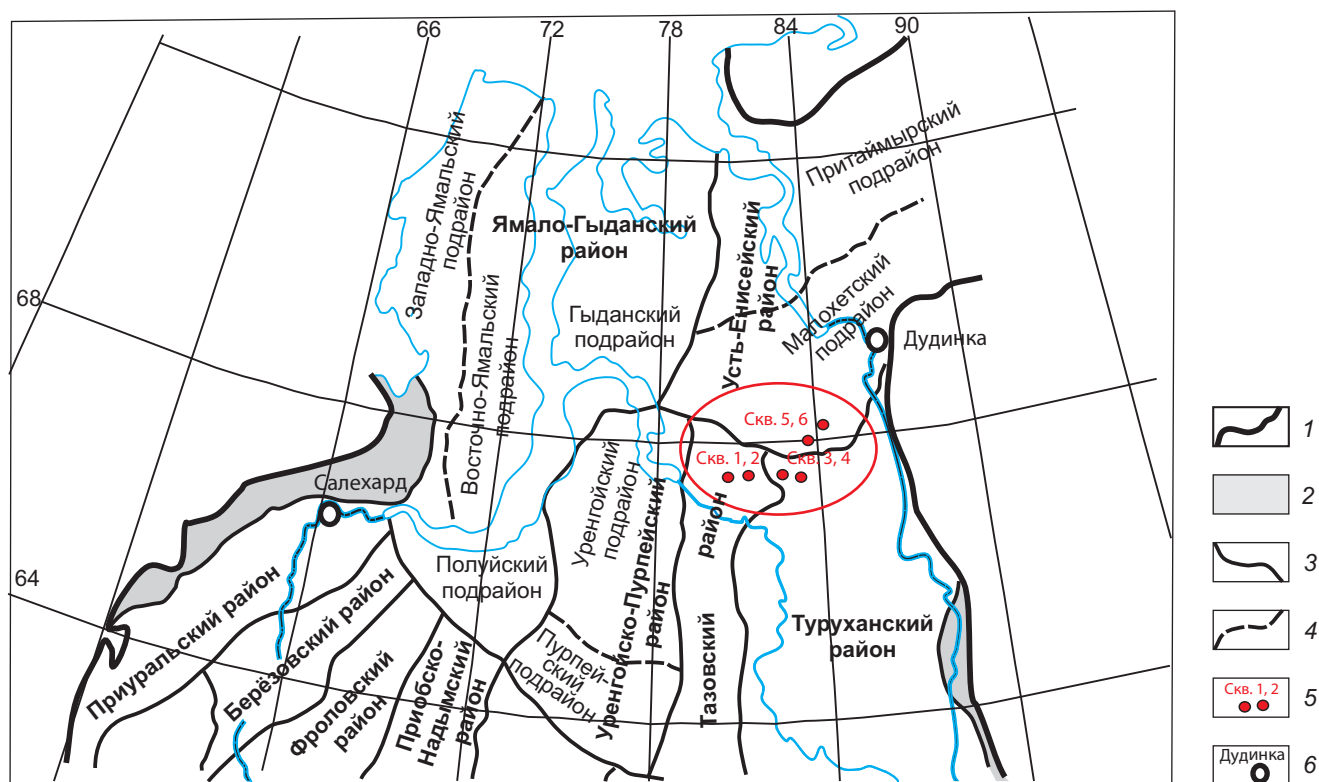
При сопоставлении разрезов структурно-фациальных районов учтено, что в одно и то же время осадки на смежных территориях накапливались в различных обстановках седиментации. Так, во время накопления отложений нижнехетской свиты территория северо-востока провинции предположительно являлась областью морского мелководья на юго-востоке с постепенным погружением дна бассейна в западном направлении [6], что обуславливало формирование шельфовых отложений.

Для решения поставленных задач проанализированы сейсмические данные (МОГТ-3D более 2000 км<sup>2</sup>) и материалы геофизических исследований скважин (порядка 150 скважин) на территории рассматриваемых смежных структурно-фациальных районов.

В соответствии с действующими региональными схемами [7] исследуемая территория расположена на границе трех структурно-фациальных единиц с различными типами разрезов: Туруханского и Тазовского районов, а также Малохетского подрайона, входящего в Усть-Енисейский район (рис. 1).

В Малохетском подрайоне рязанский и валанжинский ярусы представлены отложениями нижнехетской и сухоудинской свит, в Туруханском районе — юрацкой свитой, а в Тазовском — отложениями заполярной и мегионской свит [7].

С целью корреляции продуктивных пластов в зоне сочленения смежных литолого-фациальных районов выполнен комплексный анализ геолого-геофизической информации. С использованием материалов трехмерной сейсморазведки авторами проведена увязка опорных и основных отражающих сейсмических горизонтов по сейсмическим профилям с маркирующими горизонтами. Для стратификации разреза в зоне сочленения смежных районов построены схемы корреляции по линии скважин,



**Рис. 1. Местоположение района исследований на схеме фациального районирования рязанско-аптских отложений Западной Сибири**

1 — граница Западно-Сибирской плиты; 2 — зоны отсутствия отложений; 3 — границы районов; 4 — границы подрайонов; 5 — типовые скважины для районов; 6 — административные центры

Источник: по [7]

**Fig. 1. Study area location on the facies zone map of the Ryazanian and Aptian stages deposits in West Siberia**

1 — West Siberian Plate boundary; 2 — sediment-free zones; 3 — area boundaries; 4 — sub-area boundaries; 5 — region-typical wells; 6 — administrative centers

Source: from [7]

пробуренных на ближайших площадях, относящихся к различным структурно-фациальным районам. В рамках анализа привлечены результаты региональных научно-исследовательских работ, включая материалы биостратиграфических исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Породы-коллекторы пласта Нх-1 нижнехетской свиты в Малохетском подрайоне, идентифицированные на основе каротажных корреляций, сейсмических профилей и данных керна, представлены отложениями дельт различного типа, с усилением влияния морских волн в распределении обломочного материала в направлении береговой линии [8].

Седиментологический анализ керна, отобранного из интервала залегания нижнехетской свиты на площадях в пределах Большехетской структурной террасы, указывает на структурные, текстурные и ихнофациальные различия, которые подтверждают предположение об изменении расстояния до береговой линии в процессе формирования осадков. Поверхность несогласия, подчеркнутая ихнофоссилиями *Glossifungites* и перекрытая непроницаемыми

глинами, сформировавшимися в результате морской трансгрессии, является региональным репером и имеет широкое площадное распространение (рис. 2).

В керне, отобранном в скважинах Тазовского структурно-фациального района, к ихнофации *Glossifungites* [9] относится прослой (до 1,5 м) с многочисленными остатками ходов ихнофоссилий. Стратиграфическое несогласие имеет вид резкого контакта, являющегося следствием обширной регрессии, в ходе которой подстилающий пласт был сильно разрушен вплоть до полной эрозии. В этом случае пачка глин над пластом БТ-14, частично размытым в отдельных скважинах, представляет собой начальный элемент трансгрессивной последовательности.

Специфическая пачка глин, залегающая над продуктивными отложениями нижнехетской свиты (в предлагаемых стратиграфических схемах соответствует тагринскому горизонту), сопоставляется с одним из наиболее устойчивых сейсмических отражающих горизонтов ( $H_5^{00}$ ) на севере Западной Сибири (рис. 3).

По данным геофизических исследований скважин, нижнехетские кровельные глины (тагринская

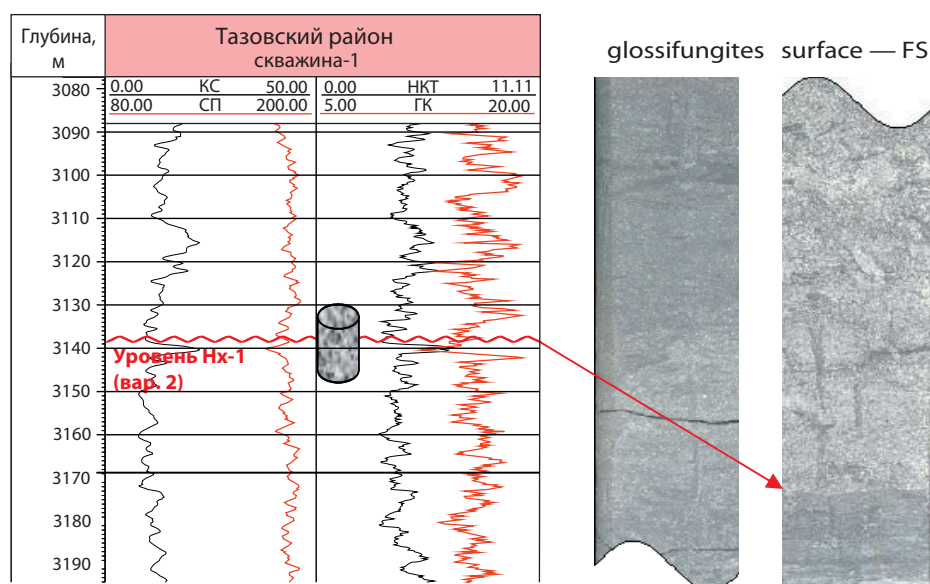


Рис. 2. Пример эрозионной поверхности (Тазовский структурно-фациальный район)

Fig. 2. Example of an erosion surface (Tazovsky structure-facies area)

пачка) в Малохетском подрайоне Усть-Енисейского района идентифицируются по пониженным значениям гамма-каротажа, минимальным показаниям удельного электрического сопротивления и наличию глубоких каверн в стволах скважин [10].

Корреляция реперного тагринского уровня по каротажным данным в разрезах скважин, пробуренных вблизи зоны сочленения структурно-фациальных районов, приводит к вариативности стратиграфических разбивок.

В Туруханском структурно-фациальном районе, расположенном к юго-востоку от зоны сочленения трех районов, разрез наиболее полный и не содержит видимых стратиграфических, литологических и геофизических признаков перерывов в накоплении осадков. Наиболее вероятно, это связано с увеличением количества песчаных прослоев, имеющих близкий литологический состав, что также затрудняет процесс корреляции отдельных пластов нижнего мела как в скважинах данного района, так и при их сопоставлении с разрезами прилегающих территорий.

В Тазовском структурно-фациальном районе корреляция тагринской глинистой пачки также не имеет однозначно обоснованного положения: одним из вариантов является сопоставление пачки глин, выделяемой над продуктивным пластом Нх-1, с пачкой над пластом БТ-14, аргументируя выбор приуроченностью к аналогичной биостратиграфической зоне. Вместе с тем анализ каротажных диаграмм, которые отражают изменение литологического состава, предполагает существование равновероятных вариантов корреляции. Согласно второму варианту, пласт Нх-1 может соответствовать как пласту БТ-14, так и пласту БТ-13 (рис. 4).

Привлечение материалов сейсмопрофилирования не позволяет однозначно сопоставить отража-

ющие границы (рис. 3), поскольку попытка их прослеживания приводит к неоднозначной корреляции в связи с прекращением прослеживаемости маркирующих горизонтов и относительно небольшим площадным распространением коллекторов и покрышек.

Важным инструментом при сопоставлении разрезов разных районов являются биостратиграфические исследования. Возраст тагринской пачки глин по скважинам Малохетского структурно-фациального подрайона и Тазовского структурно-фациального района определен как нижний валанжин (K1v!) [8]. С одной стороны, это может подтвердить ее идентичность, с другой — указывать на оба возможных варианта корреляции: рассматриваемые отложения формировались в узком возрастном диапазоне, соответствующем ранневаланжинскому времени.

В основании меловой системы северо-восточных районов Западной Сибири выявлен стратиграфический перерыв, который представляет собой поверхность субаэральной экспозиции или обстановки седиментации, надежно фиксируется и прослеживается в пространстве [8]. Граница перерыва находится в пределах возрастного интервала формирования трансгрессивной последовательности отложений, поэтому рассматривается как квазиизохронная поверхность [11]. Обозначенная поверхность на территории исследования, по мнению авторов, соответствует подошве тагринской пачки глин и является поверхностью регионального несогласия, отражающей границу двух формационных комплексов. Она может быть выбрана в качестве надежного репера при увязке корреляции в зоне сочленения рассматриваемых структурно-фациальных районов. Согласно этому варианту корреляции, продуктивные пласты Нх-1 и БТ-14 являются одним и тем же геологическим телом (рис. 5).

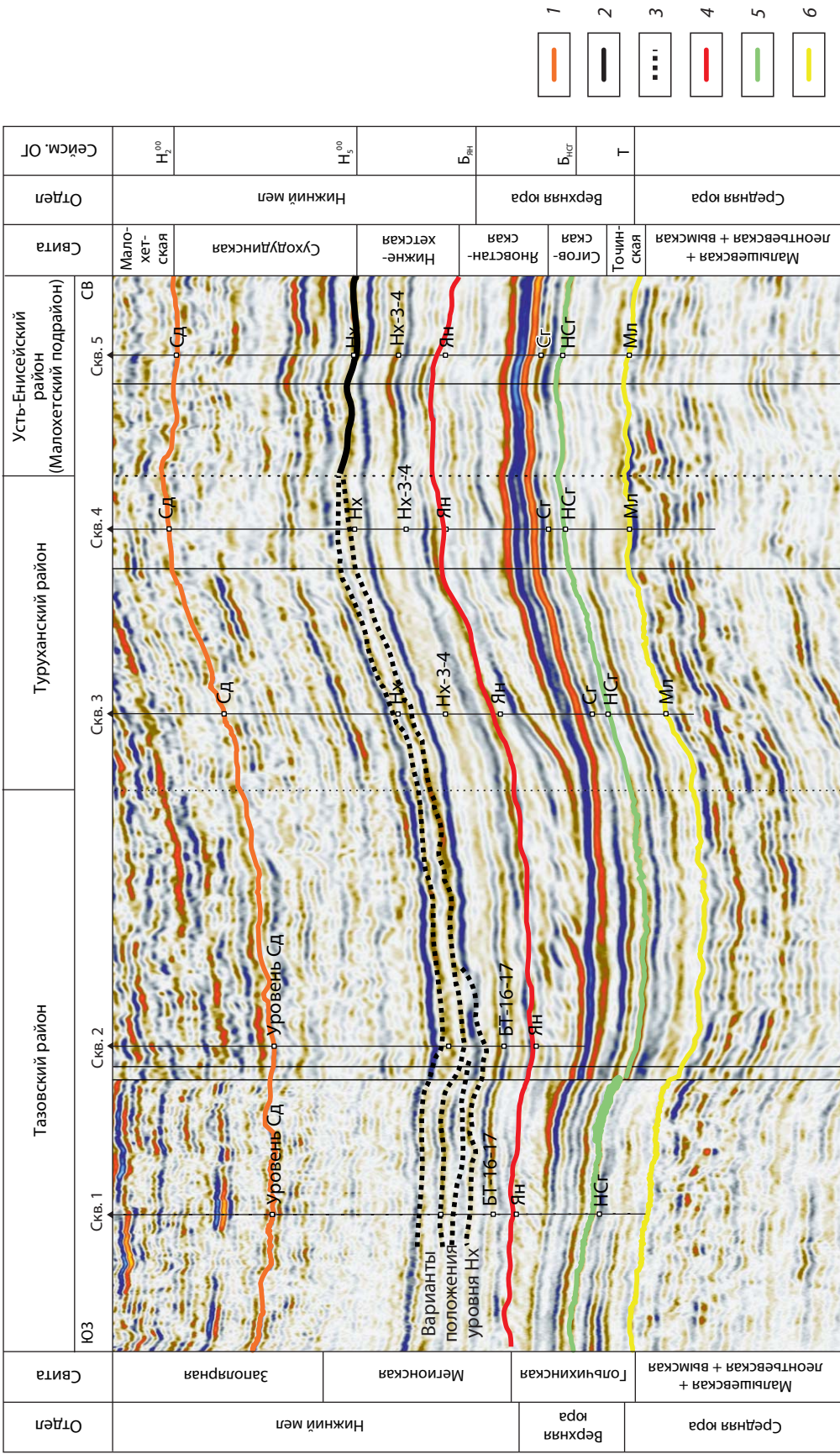


Рис. 3. Корреляция опорных отражающих горизонтов в пределах Тазовского, Усть-Енисейского и Туруханского структурно-фациальных районов Западной Сибири

1 — ОГ Н<sub>2</sub><sup>00</sup> в кровельной части суходудинской свиты (либо соответствующий уровень); 2 — ОГ Н<sub>3</sub><sup>00</sup> в кровельной части нижнехетской свиты (либо соответствующий уровень); 3 — варианты положения уровня, соответствующего кровле нижнехетской свиты; 4 — ОГ Б<sub>м</sub> в кровельной части яновской либо гольчихинской свиты; 5 — ОГ Н<sub>1</sub> (либо соответствующий уровень) в кровельной части нижнесиговской подсвиты; 6 — ОГ Т в кровельной части малышевской либо тюменской свиты

Fig. 3. Correlation of key reflectors within the Tazovsky, Ust-Yenisei, and Turukhansk structure-facies areas in West Siberia

1 — reflector Н<sub>2</sub><sup>00</sup> at the Sukhaya Dudinka Formation roof (or the corresponding level); 2 — reflector Н<sub>3</sub><sup>00</sup> at the Lower Kheta Formation roof (or the corresponding level); 3 — options of the level position corresponding to the Lower Kheta Formation roof; 4 — reflector Б<sub>м</sub> at the Yanov Stan or Golchikha Formation roof; 5 — reflector Н<sub>1</sub> (or the corresponding level) at the Lower Sigovaya Subformation roof; 6 — reflector Т at the Malyshevka or Tyumen Formation roof

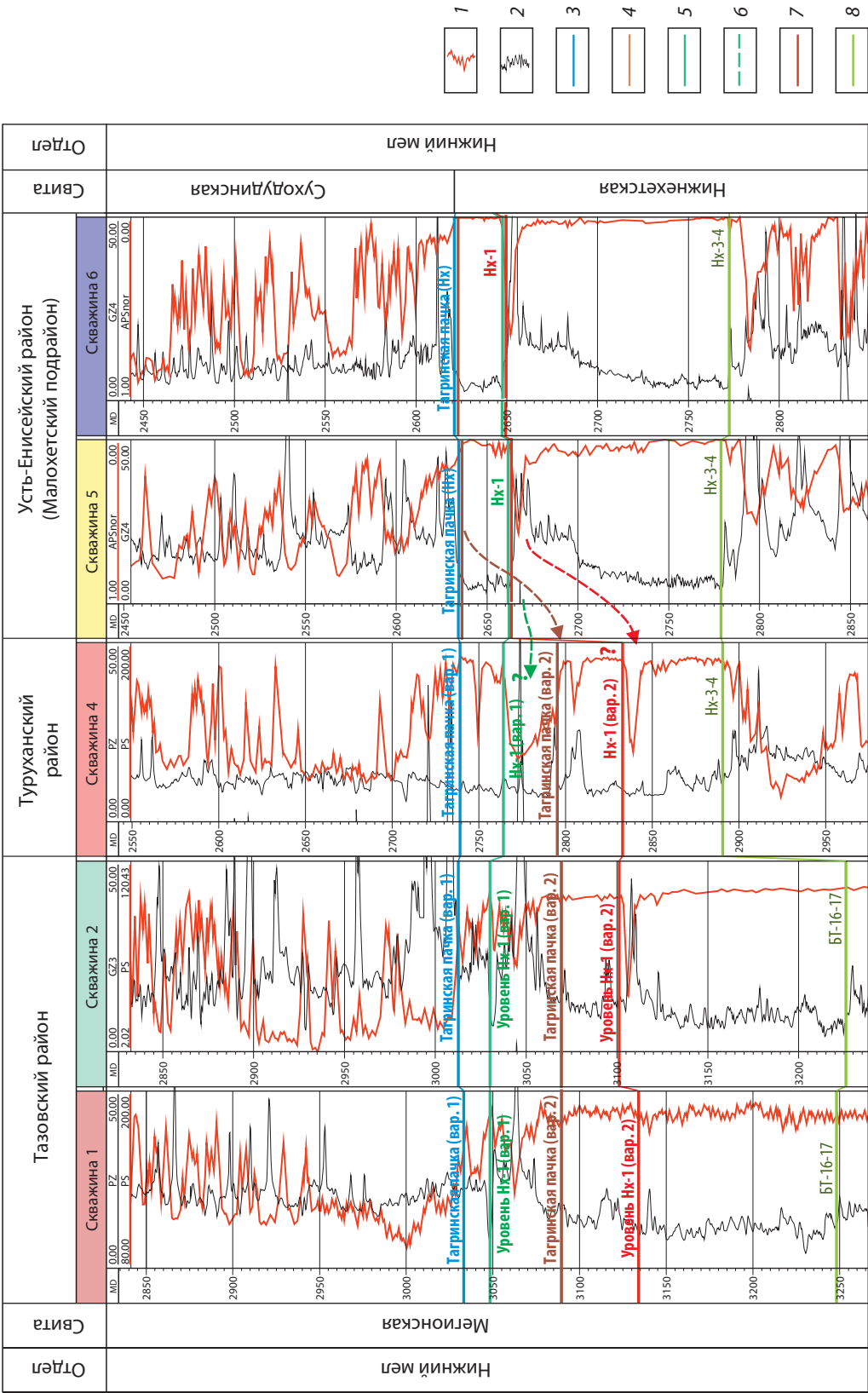


Рис. 4. Схема корреляции каротажных диаграмм скважин, пробуренных в смежных структурно-фациальных районах на северо-востоке Западной Сибири

Методы геофизических исследований скважин: 1 — метод потенциалов самопроизвольной поляризации, 2 — метод кажущегося сопротивления, 3 — метод кажущегося сопротивления, 4 — метод кажущегося сопротивления, 5 — метод кажущегося сопротивления, 6 — метод кажущегося сопротивления, 7 — метод кажущегося сопротивления, 8 — метод кажущегося сопротивления.

Fig. 4. Log correlation of wells drilled in adjacent structure-facies areas in northeastern West Siberia

Well logging methods: 1 — spontaneous potential, 2 — resistivity, stratigraphic level boundaries: 3 — Tazovskiy Member (option 1); 4 — Tazovskiy Member (option 2); 5 — Hx-1 roof (option 1); 6 — Hx-1 roof (option 2); 7 — Hx-1 roof (option 3); 8 — BT-16-17 roof (option 1).

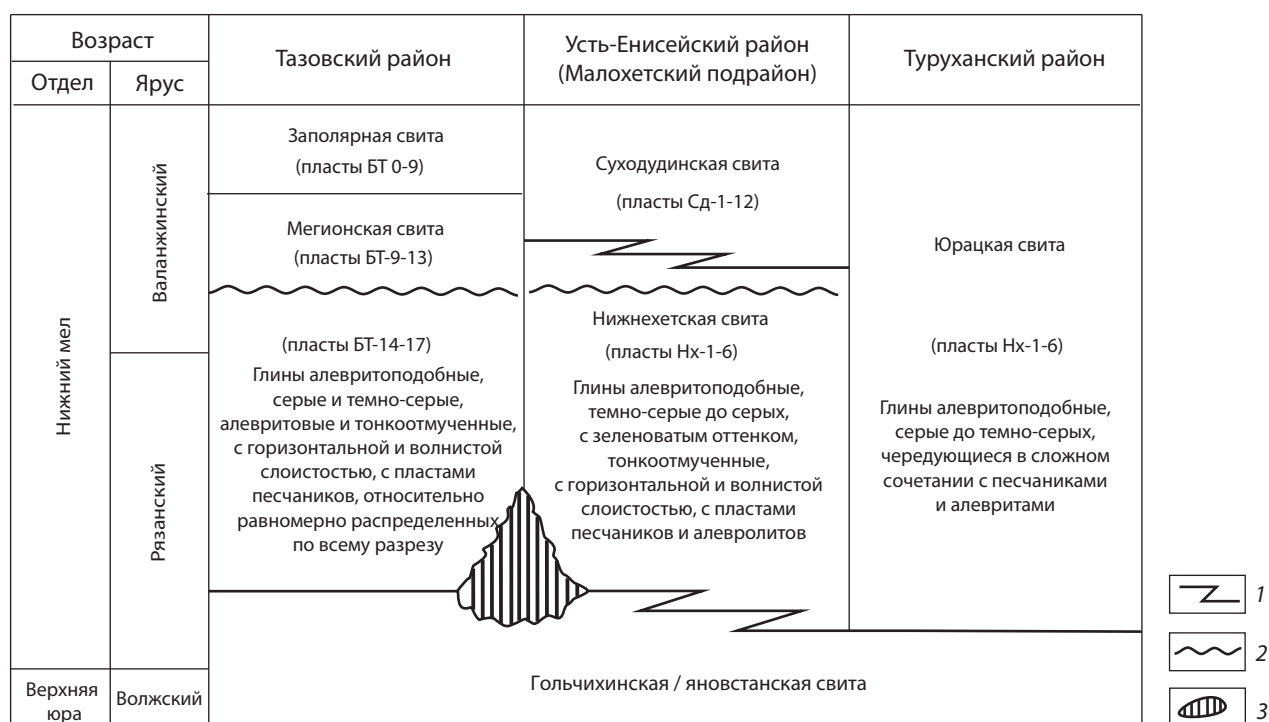


Рис. 5. Характеристика отложений рязанского и валанжинского ярусов в пределах Тазовского, Усть-Енисейского и Туруханского структурно-фациальных районов Западной Сибири

1 — скользящий возраст отложений; 2 — предполагаемые границы стратиграфических несогласий; 3 — зоны размыва  
Источник: по [7]

Fig. 5. Characteristics of the Ryazan and Early Valanginian stages deposits within the Tazovsky, Ust-Yenisei, and Turukhansk structure-facies areas in West Siberia

1 — sliding age of sediments; 2 — expected boundaries of stratigraphic unconformities; 3 — erosion zones  
Source: from [7]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования в зоне сочленения трех структурно-фациальных районов на северо-востоке Западной Сибири был проанализирован весь имеющийся геолого-геофизический материал. Выполнено несколько вариантов корреляции по каротажным диаграммам, прослежены возможные варианты отражающих горизонтов по трехмерным сейсморазведочным данным, использованы биостратиграфические данные.

При наличии нескольких альтернативных вариантов корреляции разрезов скважин рекомендуется учитывать поверхность регионального несогласия, отражающую границу двух формационных комплексов.

С целью обеспечения достоверности корреляции отдельных пачек и пластов в объеме отложений нижнего мела в разных фациальных районах на северо-востоке Западной Сибири предлагается актуализировать действующие стратиграфические схемы в соответствии с полученными результатами. Для этого рекомендуется отразить стратиграфические несогласия, которые являются важной границей при изменении литолого-фациальных условий формирования в осадочных комплексах.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Гришкевич В. Ф., Нежданов А. А., Олейник Е. В. Принципиальные противоречия на пути составления региональной стратиграфической схемы берриас-аптских отложений Западно-Сибирской провинции // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2025. № 1. С. 11–23. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2025-1-11-23>.
- Ершов С. В., Карташова А. К. Берриас-аптские отложения Енисей-Хатангского района Западной Сибири: стратиграфия, корреляция и районирование // Геология нефти и газа. 2020. № 5. С. 27–38.
- Результаты стратиграфического расчленения нижнемеловых отложений Пайяхской зоны нефтегазоаккумуляции Енисей-Хатангской нефтегазоносной области (Западная Сибирь) / Г. Л. Розбаева [и др.] // Геология нефти и газа. 2025. № 2. С. 57–71.
- Палеогеография Западно-Сибирского седиментационного бассейна в раннемеловую эпоху / В. В. Шиманский [и др.] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2025. Т. 20, № 2. URL: [https://www.ngtp.ru/rub/2025/13\\_2025.html](https://www.ngtp.ru/rub/2025/13_2025.html) (дата обращения: 21.11.2025).
- Волжский ярус верхней юры и рязанский ярус нижнего мела Панбореальной биогеографической надобласти / М. А. Рогов [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2024. Т. 32, № 6. С. 30–73. <https://doi.org/10.31857/S0869592X24060027>.
- Кислухин И. В., Маринов В. А., Нечаева Е. Е. Стратиграфическое расчленение нижнехетских отложений в пределах Большехетской структурной террасы (северо-восток

Западной Сибири) // Пути реализации нефтегазового потенциала Западной Сибири : материалы двадцать шестой науч.-практ. конф., Ханты-Мансийск, 22–25 нояб. 2022 г. / под ред. А. Г. Копытова [и др.]. Ханты-Мансийск : Науч.-аналит. центр рацион. недропользования им. В. И. Шпилмана, 2023. С. 65–70.

7. Решение 5-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины, Тюмень, 1990 г. / под ред. Н. А. Белоусовой [и др.]. Тюмень, 1991. 54 с.

8. Характеристика предваланжинского несогласия на северо-востоке Западной Сибири / Г. Л. Розбаева [и др.] // Нефтяное хозяйство. 2025. № 5. С. 79–83. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2025-5-79-83>.

9. Ichnology and sedimentology of shallow to marginal marine systems: Ben Nevis and Avalon Reservoirs, Jeanne d'Arc Basin / S. G. Pemberton [et al.] : Geol. Assoc. of Canada Short Course Notes. Vol. 15. Newfoundland, Canada: St. Johns, 2001. 343 p.

10. Маркирующие горизонты меловой системы Западной Сибири как основа региональной корреляции / В. А. Маринов [и др.] // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы XII всерос. совещ., Южно-Сахалинск, 7–11 окт. 2024 г. / гл. ред. Е. Ю. Барабошкин. Южно-Сахалинск : Изд-во ООО «Индиго», 2024. С. 143–146.

11. Ян П. А., Хабаров Е. М. Интерпретация данных ГИС при палеогеографических реконструкциях (на примере бат-верхнеюрских отложений юга Западной Сибири) // Геофизические технологии. 2018. № 4. С. 27–38. <https://doi.org/10.18303/2619-1563-2018-4-4>.

## REFERENCES

1. Grishkevich V. F., Nezhdanov A. A., Oleynik E. V. Principal contradictions in the way of West Siberian berrias-aptian deposit's regional stratigraphic schemes developing. *Oil and Gas Studies*. 2025; 1: 11–23. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2025-1-11-23>. (In Russ.).

2. Ershov S. V., Kartashova A. K. Berriasian-Aptian deposits of the West Siberia Yenisei-Khatanga region: Stratigraphy, correlation, and zoning. *Russian Oil and Gas Geology*. 2020; (5): 27–38. (In Russ.).

3. Results of stratigraphic breakdown of Lower Cretaceous deposits in Payakha oil and gas accumulation zone (West Siberian Yenisei-Khatanga petroleum region) / G. L. Rozbaeva [et al.]. *Russian Oil and Gas Geology*. 2025; (2): 57–71. (In Russ.).

4. Paleogeography of the West Siberian sedimentation basin in the Early Cretaceous era / V. V. Shimanskiy [et al.]. *Neftgazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*. 2025; 20 (2). [https://www.ngtp.ru/rub/2025/13\\_2025.html](https://www.ngtp.ru/rub/2025/13_2025.html) (accessed 21.11.2025). (In Russ.).

5. Volgian stage of the Upper Jurassic and Ryazanian Stage of the Lower Cretaceous of the Panboreal biogeographic Superrealm / M. A. Rogov [et al.]. *Stratigr. Geol. Correl.* 2024; 32 (6): 30–73. (In Russ.).

6. Kislukhin I. V., Marinov V. A., Nechaeva E. E. Stratigraphic dissection of Jurassic and Cretaceous sediments Bolshekhetskaya structural terrace (North-East of Western Siberia). *Ways of Realizing Oil and Gas Potential of Western Siberia: Proc. of the Twenty-Sixth Sci. Conf., Khanty-Mansiysk, 22–25 Nov. 2022* / Eds. A. G. Kopytov [et al.]. Khanty-Mansiysk: V. I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of Subsoil; 2023. P. 65–70. (In Russ.).

7. Resolutions of the 5th Interdepartmental Regional Stratigraphic Meeting on the Mesozoic deposits of the West Siberian Plain, Tyumen, 1990 / Ed. N. A. Belousova [et al.]. Tyumen; 1991. 54 p. (In Russ.).

8. Pre-Valanginian unconformity features in north-east parts of the Western Siberia / G. L. Rozbaeva [et al.]. *Neftyanoe Khozyaystvo — Oil Industry*. 2025; 5: 79–83. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2025-5-79-83>. (In Russ.).

9. Ichnology and sedimentology of shallow to marginal marine systems: Ben Nevis and Avalon Reservoirs, Jeanne d'Arc Basin / S. G. Pemberton [et al.]: Geol. Assoc. of Canada Short Course Notes. Vol. 15. Newfoundland, Canada: St. Johns; 2001. 343 p.

10. Marking horizons of the Western Siberia Cretaceous as the basis of regional correlation / V. A. Marinov [et al.]. *Cretaceous System of Russia and Neighboring Countries: Problems of Stratigraphy and Paleogeography: Materials of the XII All-Russ. Meeting, Yuzhno-Sakhalinsk, 7–11 Oct. 2024* / Chief Ed. E. Yu. Baraboshkin. Yuzhno-Sakhalinsk: Publ. House LLC Indigo; 2024. P. 143–146. (In Russ.).

11. Yan P. A., Khabarov E. M. Well log data interpretation in paleogeographic reconstructions (in the case of the bathonian-upper jurassic deposits of South of West Siberia). *Russian Journal of Geophysical Technologies*. 2018; (4): 27–38. <https://doi.org/10.18303/2619-1563-2018-4-4>. (In Russ.).

## Иван Владимирович Кислукхин

<sup>1</sup> Кандидат геолого-минералогических наук, эксперт по геологии;  
<sup>2</sup> доцент

<sup>1</sup> ООО «РН-Геология Исследования Разработка», Тюмень, Россия;  
<sup>2</sup> Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

<https://orcid.org/0009-0009-3340-1752>  
SPIN-код РИНЦ 7895-9070  
ivkislukhin@rn-gir.rosneft.ru

## Ivan V. Kislukhin

<sup>1</sup> PhD (Geology and Mineralogy),  
Geology Expert;  
<sup>2</sup> Associate Professor

<sup>1</sup> RN-Geology Research Development, Tyumen, Russia;  
<sup>2</sup> Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

<https://orcid.org/0009-0009-3340-1752>  
RSCI SPIN-code 7895-9070  
ivkislukhin@rn-gir.rosneft.ru

## Галина Леонидовна Розбаева

<sup>1</sup> Кандидат геолого-минералогических наук, эксперт;  
<sup>2</sup> доцент

<sup>1</sup> ООО «РН-Геология Исследования Разработка», Тюмень, Россия;  
<sup>2</sup> Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

<https://orcid.org/0009-0009-5051-6877>  
Scopus Author ID 36677862600  
SPIN-код РИНЦ 7566-1492  
GLRozbaeva@rn-gir.rosneft.ru

## Galina L. Rozbaeva

<sup>1</sup> PhD (Geology and Mineralogy), Expert;  
<sup>2</sup> Associate Professor

<sup>1</sup> RN-Geology Research Development, Tyumen, Russia;  
<sup>2</sup> Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

<https://orcid.org/0009-0009-5051-6877>  
Scopus Author ID 36677862600  
RSCI SPIN-code 7566-1492  
GLRozbaeva@rn-gir.rosneft.ru

---

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 30.09.2025  
Одобрена после рецензирования 21.11.2025  
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 30.09.2025  
Approved after reviewing 21.11.2025  
Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 551.8:574"622.242"(268.52)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_103-112

**Ключевые слова:** пыльца, споры, био-стратиграфия, палеоэкология, триас, Карское море

**Благодарности:** авторы выражают благодарность коллегам из Фонда поддержки научно-проектной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых «Национальное интеллектуальное развитие» за предоставленный материал, полученный по программе малоуглубленного стратиграфического бурения (ПАО «НК «Роснефть»). Также авторы благодарят Е. Г. Раевскую и В. А. Четверову за ценные советы при подготовке рукописи. Отдельная благодарность выражается рецензентам, чьи замечания и конструктивная критика способствовали значительному улучшению статьи.

**Для цитирования:** Разумкова Е. С., Замараев Е. В. Палеоэкологические условия среднего триаса (анизий) Карского моря по данным палинологии и анализа экогрупп спороморф (СЭГ-анализ) // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 103–112. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_103-112](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_103-112)

Original article

UDC 551.8:574"622.242"(268.52)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_103-112

**Keywords:** pollen, spores, biostratigraphy, paleoecology, Triassic, Kara Sea

**Acknowledgments:** the authors are grateful to their colleagues from the Foundation for support of scientific and project activities of students, postgraduate students, and young scientists "National Intellectual Resource" for the Rosneft shallow stratigraphic drilling project data. The authors also thank E. G. Raevskaya and V. A. Chetverova for their valuable remarks in the original draft. The reviewers deserve particular thanks, since their comments and constructive feedback significantly improved the manuscript content.

**For citation:** Razumkova E. S., Zamaraev E. V. Paleoeological conditions of the Middle Triassic (Anisian) in the Kara Sea based on palynology and sporomorph ecogroup analysis (SEG). *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 103–112. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_103-112](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_103-112)



## Палеоэкологические условия среднего триаса (анизий) Карского моря по данным палинологии и анализа экогрупп спороморф (СЭГ-анализ)

Е. С. Разумкова✉, Е. В. Замараев

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,  
[Elena\\_Razumkova@karpinskyinstitute.ru](mailto:Elena_Razumkova@karpinskyinstitute.ru)✉

**Аннотация.** Проведен палинологический анализ образцов среднего триаса из разреза скважины SSD 31, пробуренной в акватории Карского моря. Биостратиграфическое изучение спор и пыльцы позволило впервые для данного осадочного бассейна установить комплекс с *Aratrisporites* spp. — *Perotrilites minor* и датировать вмещающие отложения анизием. Приводится сопоставление установленного комплекса со спорово-пыльцевыми комплексами анизия разных регионов (Восточный Урал, Западная Сибирь, Баренцевоморский регион). Выделенные таксоны спор и пыльцы сгруппированы по их ботанической принадлежности и экологической приуроченности. Методом экогрупп спороморф (СЭГ-анализ) интерпретированы палеоэкологические условия осадконакопления среднетриасовой толщи. Установлено, что во время накопления изученной осадочной толщи климат был теплым и влажным, а обстановка соответствовала прибрежной равнине.

## Paleoecological conditions of the Middle Triassic (Anisian) in the Kara Sea based on palynology and sporomorph ecogroup analysis (SEG)

Е. S. Razumkova✉, E. V. Zamaraev

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia,  
[Elena\\_Razumkova@karpinskyinstitute.ru](mailto:Elena_Razumkova@karpinskyinstitute.ru)✉

**Abstract.** The paper covers palynological analysis of the Middle Triassic samples from the SSD 31 well section drilled in the Kara Sea. Biostratigraphic analysis of spores and pollen newly identified the assemblage with *Aratrisporites* spp. — *Perotrilites minor* in the sedimentary basin and dated the host deposits as Anisian. The assemblage is compared to the Anisian pollen assemblages from different regions (East Urals, West Siberia, Barents Sea region). The established spore and pollen taxa are grouped according to their botanical affiliation and ecological distribution. Sporomorph ecogroup analysis (SEG) led to interpret paleoecological conditions of the Middle Triassic unit sedimentation. During the sedimentary unit accumulation, the climate was found to be warm and humid, and the environment was similar to a coastal plain.

## ВВЕДЕНИЕ

Карский бассейн — крупный и потенциально нефтегазоносный регион арктического шельфа, который остается слабо изученным. Существующие модели его геологического строения и возраста противоречивы, поскольку основаны на интерпретации геологических материалов с прилегающей суши и геофизических съемок. Новые данные были получены осенью 2020 г. в ходе экспедиции, проведенной ПАО «НК Роснефть» и АО «Росгеология» на севере Карского моря. В результате впервые были пробурены малоглубинные скважины, вскрывшие осадочный чехол [1]. Благодаря этим работам и сотрудничеству с фондом «Национальное интеллектуальное развитие» авторы получили образцы керны для палинологического исследования одной из этих скважин (скв. SSD 31). В статье приводятся результаты изучения мезозойской части разреза — среднетриасовой толщи.

Данные по спорам и пыльце из триасовых отложений акваторий арктических морей немногочисленны. Для российского сектора Баренцево-морского шельфа разработана зональная последовательность комплексов спор и пыльцы, скоррелированная с палинозонами норвежской части шельфа [2]. Имеются палинологические данные по Тимано-Печорской провинции [3], арх. Шпицберген [4], Западной Сибири [5–8], Уралу [9], северу Сибири [10–12], Таймыру [13]; средний триас в море Лаптевых изучался по материалам о. Котельный [14]. Поэтому новые биостратиграфические и палеоэкологические исследования в акватории Карского моря представляются весьма актуальными.

Помимо установления возраста изучаемых отложений, важной задачей палинологического анализа стала реконструкция обстановок осадконакопления. Известно, что количественный и качественный анализ палиноморф и другого органического вещества, содержащегося в породе, позволяет решить множество задач: примерное определение местонахождения древней береговой линии; выявление трансгрессивно-регрессивных трендов, которые отражают динамику развития бассейна седиментации; выявление и оконтуривание зон осадочного бассейна, в которых развиты отложения с высоким углеводородным потенциалом, приуроченные к определенным фациям. Подобные виды исследований востребованы как в производственных геологоразведочных работах, так и в палеобиогеографических и палеоэкологических реконструкциях.

Палинофацальный анализ имеет свою специфику в зависимости от возраста изучаемых пород. Для палеозойских отложений была предложена модель распределения фацальных комплексов в пределах обобщенного геоморфологического профиля «море–суша» с использованием цифрового кодирования фацальных комплексов ископаемых организмов, что позволяет анализировать трансгрессивно-регрессивные события [15]. Для определения палинофаций в юрско-меловых отложениях использовались данные по соотношению групп палиноморф морского и континентального

генезиса: споры, пыльца, акритархи, диноцисты, пресноводные водоросли [16]. Некоторые исследователи предлагали учитывать также количественные и качественные показатели содержания органического вещества, такого как фитокласты, зоокласты и аморфное органическое вещество [17–19].

Отдельно стоит отметить метод анализа экогрупп спороморф — СЭГ-анализ (от англ. SEG — sporomorph ecological group), в основе которого лежит интерпретация палеоэкологических условий на основе характера распределения в разрезе таксонов определенной ботанической и экологической приуроченности. Метод был изначально разработан для позднелурской–раннемеловой эпох [20; 21], а позднее адаптирован для триаса [21], в последние годы применяется отечественными палинологами [1; 22; 23]. Результаты исследований показывают, что с его помощью можно реконструировать растительный покров, установить условия произрастания растений-продуцентов и в целом получить более обширную палеоэкологическую картину, чем по данным макрофлоры. Как показывают некоторые примеры, даже из одного палинологического образца, насыщенного палиноморфами, можно получить важную и полезную информацию об условиях осадконакопления [24].

Поэтому метод экогрупп спороморф был выбран нами для изучения нескольких проб, отобранных из мезозойских отложений Карского моря, осадочный чехол которого является перспективным для поисков углеводородов, но в то же время из-за отсутствия масштабного бурения остается малоизученным.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Палинологически изучены пять образцов керны из 1,5-метровой толщи, вскрытой скв. SSD 31 в акватории Карского моря (рис. 1). Подробное геологическое строение изученной территории и характеристика керны скважины приведены в статье [24]. Следует отметить, что образцы отобраны из толщи с большим содержанием глауконита; ее контакты с подстилающими и перекрывающими отложениями не установлены.

Техническая обработка пород проводилась с помощью 10-процентной соляной, концентрированной плавиковой и азотной кислот с использованием лабораторного шейкера и многоступенчатой отмывки дезинтегрированной породы через синтетическое сито с размером ячеек 10 мкм до максимального полного устранения карбонатных, силикатных минеральных компонентов и мелкой органики. Микроскопия постоянных препаратов, изготовленных на основе оптически чистой фиксирующей среды, производилась в проходящем свете. Фотографии палиноморф выполнены с использованием камеры Tourcam UCMOSO 5100KPA и микроскопа ЛОМО «Микмед-6».

После пробоподготовки была создана коллекция постоянных препаратов, которая хранится в отделе стратиграфии и палеонтологии ФГБУ «Институт

Таблица 2

**Установленные в изученных образцах миоспоры, их ботаническая и экологическая специфика**

Table 2. Taxa in the studied samples, their botanical and ecological characteristics

Ботаническая принадлежность	Таксон	Экологическая приуроченность
Мохообразные	<i>Stereisporites</i> spp.	Речные берега
Плауновидные	<i>Apiculatisporites spiniger</i>	Прибрежная растительность
Плауновидные	<i>Aratrisporites</i> spp.	Прибрежная растительность
Плауновидные	<i>Camazonosporites</i> sp.	Речные берега
Мохообразные	<i>Nevesisporites</i> spp.	Речные берега
Плауновидные	<i>Perotrilites minor</i>	Влажные низины
Плауновидные	<i>Retusotrilites mesozoicus</i>	Влажные низины
Плауновидные	<i>Retusotrilites</i> spp.	Влажные низины
Плауновидные	<i>Densoisporites</i> spp.	Прибрежная растительность
Папоротники	<i>Concavisporites tumidus</i>	Сухие низины
Папоротники	<i>Concavisporites</i> spp.	Влажные низины
Членисто-стебельные	Equisetales	Речные берега
Папоротники	<i>Leiotrilites / Cyathidites</i> spp.	Влажные низины
Папоротники	<i>Leiotrilites microdiscus</i>	Влажные низины
Папоротники	<i>Leiotrilites rotundus</i>	Влажные низины
Папоротники	<i>Leschikisporites aduncus</i>	Влажные низины
Папоротники	<i>Marattisporites</i> spp.	Влажные низины
Папоротники	<i>Osmundacidites</i> spp.	Влажные низины
Папоротники	<i>Rugulatisporites mesozoicus</i>	Влажные низины
Хвойные, птеридоспермы	<i>Chordasporites singulichorda</i>	Возвышенности
Хвойные, птеридоспермы	<i>Chordasporites</i> spp.	Возвышенности
Хвойные	<i>Alisporites</i> spp.	Влажные низины
Хвойные	<i>Classopollis</i> spp.	Прибрежная растительность
Хвойные	<i>Lunatisporites noviaulensis</i>	Возвышенности
Цикадовые, гинкговые, беннетитовые, птеридоспермы	<i>Cycadopitys</i> sp.	Сухие низины
Вероятно гимноспермные	<i>Illinites chitonoides</i>	
Вероятно голосеменные	<i>Lunatisporites</i> spp.	
Не установлена	<i>Triplexisporites playfordii</i>	

**Рис. 1. Карта-схема с местоположением изученной скважины (отмечено звездочкой)**

Источник: по [24]

**Fig. 1. Schematic location map of the studied well (marked with an asterisk)**

Source: from [24]

Таблица 1

**Типы экогрупп спороморф (СЭГ) и их характеристика**

Table 1. Types of sporomorph ecogroups (SEG) and their characteristics

№ п/п	Название СЭГ	Характеристика
1	Возвышенности	Растительность выше уровня грунтовых вод, никогда не затопляется
2	Сухие низины	Растительность на равнинах и/или пресноводных болотах; может затопляться пресной водой, в результате чего в группе таксонов могут присутствовать виды, характерные как для засушливых, так и для обводненных условий; нет влияния моря и солей
3	Влажные низины	
4	Речные берега	Растительность по берегам рек; условия периодических затоплений и эрозии
5	Пионерная растительность	Растительность, которая появляется первой в нестабильных и недавно развитых нишах (например, первая растительность после регрессии на территории, которая долго была под морем)
6	Прибрежная растительность	Растительность побережья моря, быстро разрастается на территории, которая никогда не затопляется морем, но постоянно находится под его влиянием
7	Растительность приливно-отливной зоны	Растительность ежедневно под влиянием волн, регулярно затопляется морской водой

Таблица 3

**Палинологическая характеристика образцов  
в скважине SSD 31**

Table 3. Palynological characteristics of samples in borehole SSD 31

Номер образца	1,1	1,64	2,08	2,54	2,98
Глубина, м	35,63	35,64	36,08	36,54	36,98
Таксоны					
Споры					
<i>Equisetales</i>	4	15	15	10	2
<i>Anapiculatisporites spiniger</i>	5	3	1	1	1
<i>Aratrisporites</i> spp.	123	92	100	114	179
<i>Camazonotrilites</i> sp.	1				
<i>Concavisporites tumidus</i>	1				
<i>Leiotrilites</i> / <i>Cyathidites</i> spp.	1	3	1	3	7
<i>Leiotrilites microdiscus</i>	7	3			
<i>Leschikisporites aduncus</i>	1	1	3	1	1
<i>Marattisporites</i> spp.	1				
<i>Nevesisporites</i> spp.	1	4	5		
<i>Osmundacidites</i> spp.	2	4	1	4	
<i>Perotrilites minor</i>	5	38	2	4	3
<i>Punctatosporites</i> sp.	1				
<i>Retusotrilites mesozoicus</i>	7	6			
<i>Rugulatisporites mesozoicus</i>	2	4	4	3	
<i>Densoisporites</i> spp.	3	5	7	3	
<i>Stereisporites</i> spp.	2	1			
<i>Triplexisporites playfordii</i>	5	4	5		
Пыльца					
<i>Alisporites</i> spp.	9	9	12	7	6
<i>Angustisulcites klausii</i>	1				
<i>Chordasporites singulichorda</i>	7	3	11	8	
<i>Classopollis</i> sp.	1				
<i>Cycadopitys</i> sp.	1				
<i>Lunatisporites noviaulensis</i>	1				
<i>Illinites chitonoides</i>	3	3	1		
<i>Lunatisporites pellucidus</i>	7	11	20	5	1
<i>Lunatisporites</i> spp.	11	3	2	1	
Водоросли					
<i>Leiosphaeridia</i> sp.	3		2		1
<i>Botryococcus</i> spp.	2	4	1		
Общее число палиноморф	183	192	185	171	196

Карпинского» (Санкт-Петербург). Все образцы были насыщены спорами и пылью хорошей сохранности. Для определения возраста вмещающих отложений в каждом образце насчитывалось до 200 экземпляров.

Для реконструкции условий осадконакопления был применен СЭГ-анализ. В его основе лежит принцип деления таксонов спор и пыли по палео-экологической приуроченности на семь групп (табл. 1) (по принципу [20]).

Для проведения СЭГ-анализа образцов из Карского моря в каждом образце было учтено не менее 200 экземпляров палиноморф. На основе анализа литературных источников [22–25] была составлена таблица ботанической и экологической приуроченности встреченных таксонов (табл. 2).

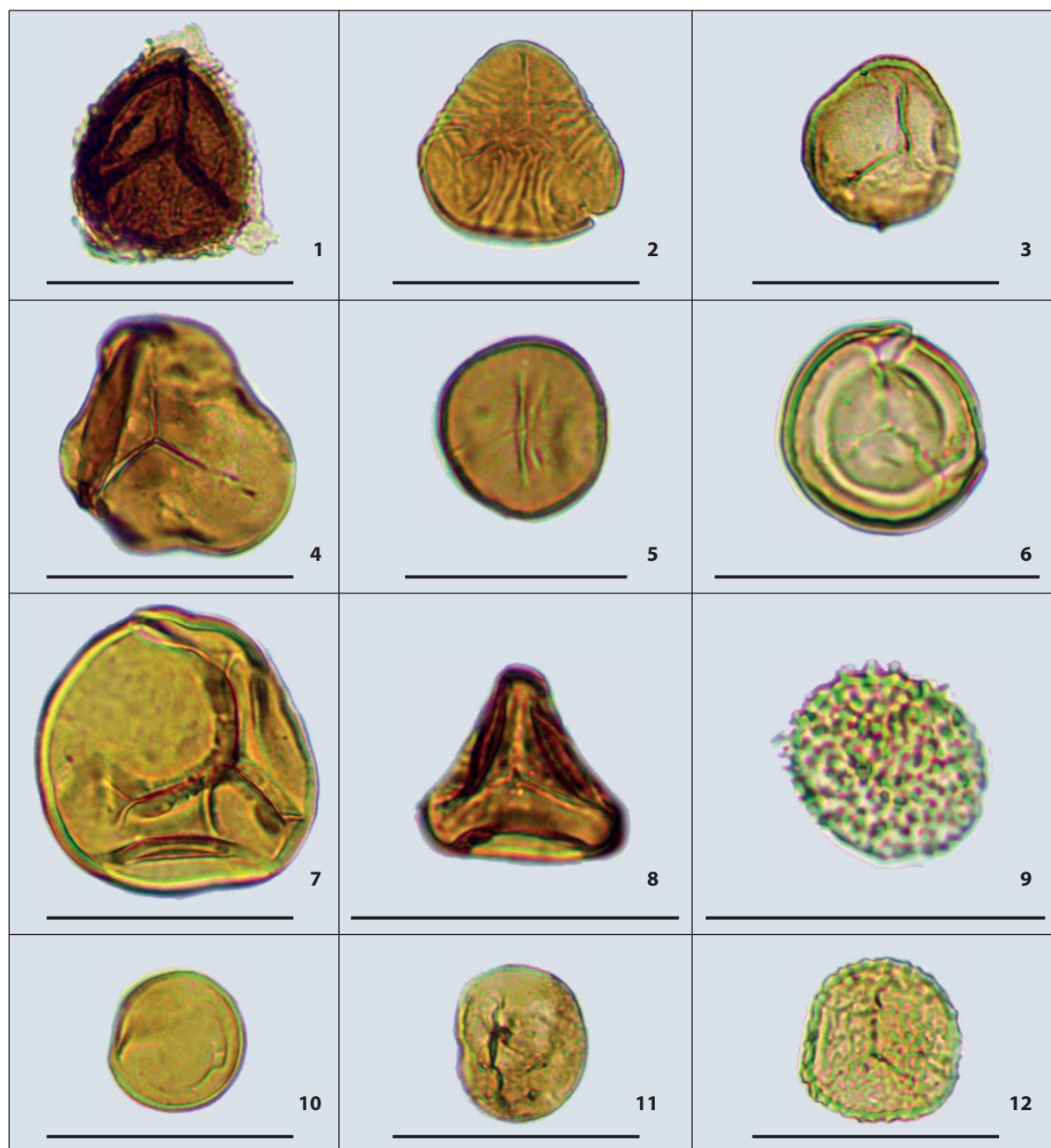
**РЕЗУЛЬТАТЫ****Палинологическая характеристика**

Количественные и качественные палинологические характеристики образцов отражены в табл. 3. Изображения характерных палиноморф представлены в фототабл. I, II.

Таксономический состав миоспор в целом не меняется по разрезу, что позволило установить единый палинокомплекс для всего интервала. В комплексе доминируют споры (75%), пыльца составляет 25%, спорадически встречаются пресноводные зеленые водоросли.

Среди спор доминируют представители рода *Aratrisporites* Leschik, представленные несколькими видами: *A. granulatus* Leschik, *A. scabratus* Klaus, *A. paenulatus* Playf. et Dettm. (фототабл. II, фиг. 1–3). Постоянно присутствуют в небольшом количестве *Perotrilites minor* Mädlar, *Equisetales*, *Anapiculatisporites spiniger* Mädlar, *Leschikisporites aduncus* Leschik, *Rugulatisporites mesozoicus* Mädlar. Среди редких, спорадически встречающихся видов стоит отметить *Leiotrilites microdiscus* Leschik, *L. rotundus* Leschik, *Marattisporites* spp. Couper, *Retusotrilites mesozoicus* Mädlar, *Stereisporites* spp., *Triplexisporites playfordii* (de Jersey et Hamilton) Foster. В пыльцевой части преобладают двухмешковые формы, в основном тениатные: *Lunatisporites pellucidus* Goubin и *L. noviaulensis* Leschik, кроме них встречены *Chordasporites singulichorda* Klaus, *Illinites chitonoides* Klaus, *Angustisulcites klausii* T. Freud. Единично встречены *Classopollis* sp., *Cycadopitys* sp. Водоросли в изученных образцах редки, представлены единичными экземплярами пресноводных *Botryococcus* spp. и *Leiosphaeridia* spp.

**Обоснование возраста.** Ключевым видом спор является *P. minor*, характерный для анизия разных регионов: Восточного Урала (V палинокомплекс анохинской свиты, где *P. minor* определен как *Selaginella graniferiformis*) [9]; севера Западной Сибири (II палинокомплекс трыбяхской (первоначально хадырьяхской) свиты, установленный в Уренгойском нефтегазоносном районе Надым-Пурской нефтегазоносной области по результатам изучения керн-на Тюменской сверхглубокой скважины TCF-6) [3];

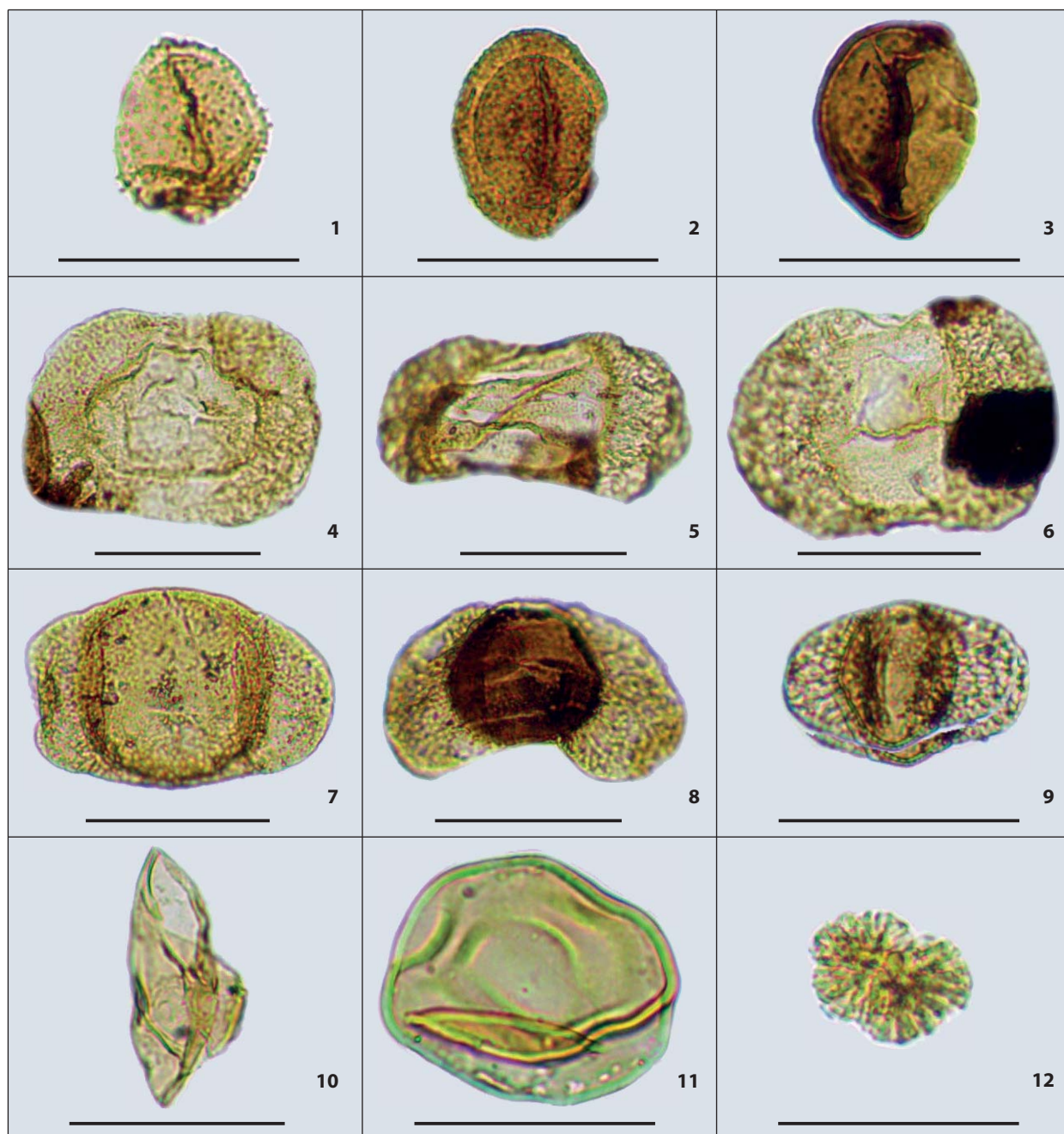


#### Фототаблица I

Фиг. 1 — *Perotrilites minor* (обр. 2,08); фиг. 2 — *Triplexisporites playfordii* (обр. 2,08); фиг. 3 — *Nevesisporites mesozoicus* (обр. 2,08); фиг. 4 — *Cyathidites* sp. (обр. 2,08); фиг. 5 — *Leshikisporites aduncus* (обр. 2,08); фиг. 6 — *Leiotriletes microdiscus* (обр. 1,1); фиг. 7 — *Punctatosporites* sp. (обр. 1,1); фиг. 8 — *Concavisporites tumidus* (обр. 2,08); фиг. 9 — *Anapiculatisporites spiniger* (обр. 1,1); фиг. 10 — *Equisetales* (обр. 2,54); фиг. 11 — *Marattisporites* sp. (обр. 2,08); фиг. 12 — *Rugulatisporites mesozoicus* (обр. 1,1). Размер линейки 50 мкм

#### Photoplate I

Fig. 1 — *Perotrilites minor* (sample 2,08); fig. 2 — *Triplexisporites playfordii* (sample 2,08); fig. 3 — *Nevesisporites mesozoicus* (sample 2,08); fig. 4 — *Cyathidites* sp. (sample 2,08); fig. 5 — *Leshikisporites aduncus* (sample 2,08); fig. 6 — *Leiotriletes microdiscus* (sample 1,1); fig. 7 — *Punctatosporites* sp. (sample 1,1); fig. 8 — *Concavisporites tumidus* (sample 2,08); fig. 9 — *Anapiculatisporites spiniger* (sample 1,1); fig. 10 — *Equisetales* (sample 2,54); fig. 11 — *Marattisporites* sp. (sample 2,08); fig. 12 — *Rugulatisporites mesozoicus* (sample 1,1). Scale bar 50 µm



#### Фототаблица II

Фиг. 1 — *Aratrisporites paenulatus* (обр. 1,1); фиг. 2 — *Aratrisporites granulatus* (обр. 2,54); фиг. 3 — *Aratrisporites scabratus* (обр. 2,08); фиг. 4 — *Illinites chitonoides* (обр. 2,08); фиг. 5 — *Lunatisporites pellucidus* (обр. 2,08); фиг. 6 — *Chordasporites singulichorda* (обр. 1,1); фиг. 7 — *Triadispora* sp. (обр. 2,08); фиг. 8 — *Angustisulcites klausii* (обр. 2,08); фиг. 9 — *Vitreisporites pallidus* (обр. 1,1); фиг. 10 — *Cycadopites* sp. (обр. 2,54); фиг. 11 — *Leiosphaeridia* sp. (обр. 2,98); фиг. 12 — *Botryococcus* sp. (обр. 1,1). Размер линейки 50 мкм

#### Photoplate II

Fig. 1 — *Aratrisporites paenulatus* (sample 1,1); fig. 2 — *Aratrisporites granulatus* (sample 2,54); fig. 3 — *Aratrisporites scabratus* (sample 2,08); fig. 4 — *Illinites chitonoides* (sample 2,08); fig. 5 — *Lunatisporites pellucidus* (sample 2,08); fig. 6 — *Chordasporites singulichorda* (sample 1,1); fig. 7 — *Triadispora* sp. (sample 2,08); fig. 8 — *Angustisulcites klausii* (sample 2,08); fig. 9 — *Vitreisporites pallidus* (sample 1,1); fig. 10 — *Cycadopites* sp. (sample 2,54); fig. 11 — *Leiosphaeridia* sp. (sample 2,98); fig. 12 — *Botryococcus* sp. (sample 1,1). Scale bar 50  $\mu$ m

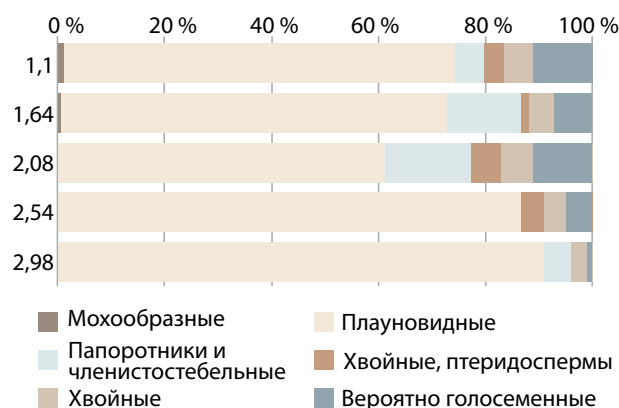


Рис. 2. Процентное распределение спороморф в изученных образцах 1–5 по их ботанической принадлежности

Fig. 2. Percentage distribution of sporomorphs in studied samples 1–5 according to their botanical affiliation

арх. Шпицберген, о. Баренца ([4], табл. А.5.1, с. 89; табл. А.16, с. 105); Западного Кавказа ([26], табл. 7, с. 38). В бореально-тетической спорово-пыльцевой зональности вид *P. minor* также приурочен к анизию среднего триаса ([27], рис. 9.19).

Присутствие видов *L. aduncus*, *L. chitonoides*, *A. spiniger* указывает, что изученные отложения не древнее среднего триаса ([27], рис. 9.19; [4], рис. 3b, с. 9). Споры *Aratrisporites* spp. характерны для триаса в целом, и в частности акме видов этого рода отмечается в среднем триасе и нижней части верхнего триаса повсеместно [28]. В изученных образцах наблюдается акме этого рода, что, вероятно, также связано с палеоэкологической обстановкой. Наибольшее сходство в таксономическом составе установленный палинокомплекс имеет с комплексом зоны *Aratrisporites* spp. — *A. spiniger*, выделенной в анизии шельфа Баренцева моря [2].

Таким образом, возраст отложений в интервале 35,63–36,98 м по палинологическим данным — анизий, средний триас.

### Результаты СЭГ-анализа

Обработка результатов анализа включает два этапа. На первом этапе возможны две ситуации: с морской компонентой и без нее. При присутствии палиноморф морского генезиса строятся графики количественного распределения по разрезу семи основных групп: безмешковая пыльца, другие спороморфы, акритархи, диноцисты, переотложенные, пресноводно-солонатоводные палиноморфы, остатки фораминифер [21]. В отсутствие морских палиноморф строятся графики распределения палиноморф по разрезу по принципу их ботанической принадлежности [24]. На втором этапе строятся графики количественного распределения по разрезу экогрупп спороморф.

В нашем случае в образцах из анизия Карского моря присутствовали преимущественно миоспоры и единичные пресноводные водоросли (*Leios-*

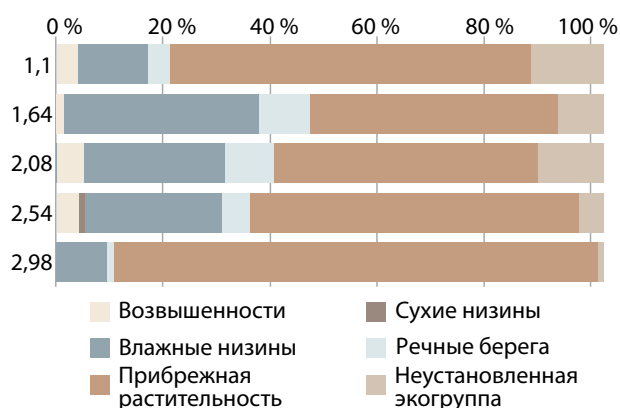


Рис. 3. Процентное распределение спороморф в изученных образцах 1–5 по экогруппам

Fig. 3. Percentage distribution of sporomorphs in studied samples 1–5 by ecogroups

*phaeridia* spp., *Botryococcus* spp.). Поэтому сначала был построен график распределения палиноморф по разрезу по ботанической принадлежности (рис. 2), на котором видно доминирование спор плауновидных растений и, в меньшей мере, папоротников, произраставших в условиях теплого и влажного климата.

Затем был построен график распределения спороморф по экогруппам (рис. 3). Большую долю среди споровых растений составили плауновидные, занимавшие преимущественно прибрежные области, влажные низины, марши и болота. В меньшем количестве присутствуют споры растений, произраставших по берегам рек. Доминирующее положение среди плауновидных занимают споры *Aratrisporites*, продуцировавшие лycopсидами. Некоторые представители данной группы были галофитами, заселявшими широкие приморские равнины [25]. Крайне малые показатели содержания спороморф, характерных для территорий с холмистым рельефом и сухих низин, свидетельствуют об их значительной удаленности от места осадко-накопления.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Палинологически были изучены пять образцов керн из скважины в Карском море. Все образцы содержали споры и пыльцу хорошей сохранности, что позволило установить среднетриасовый, анизийский возраст вмещающих отложений. Методом анализа экогрупп спороморф удалось определить, что во время накопления изученной осадочной толщи климат был теплым и влажным, а обстановка соответствовала прибрежной равнине, густо заселенной лycopсидами — группой плауновидных растений. Полученные сведения согласуются с палеогеографическими представлениями о теплом и гумидном климате в начале анизия на территориях, являющихся ныне шельфом Карского моря [29].

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Четверова В. А. Палиностратиграфия триасовых отложений шельфа Баренцева моря (на примере скважин Мурманского газового месторождения) // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 1. С. 51–70. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_101\\_51-70](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_101_51-70).
- Киричкова А. И., Есенина А. В. Птеридоспермовые (Pinophyta) среднего триаса Тимано-Печорского бассейна // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2016. Т. 24, № 2. С. 17–40. <https://doi.org/10.7868/S0869592X16010051>.
- Palynology and geology of the Triassic succession of Svalbard and the Barents Sea / J. O. Vigran [et al.] : Geological Survey of Norway Spec. Publ. Vol. 14. Trondheim, Norway : Norges geologiske undersøkelse, 2014. 270 p. <https://doi.org/10.5167/uzh-99116>.
- Климко С. А. Палинокомплексы триаса центральной части Западно-Сибирской плиты (по Никольской параметрической скважине 1) // Биостратиграфия мезозоя Сибири и Дальнего Востока : тр. Ин-та геологии и геофизики / отв. ред. А. Л. Яншин, А. С. Дагис. Вып. 648. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 77–82.
- Биостратиграфическое расчленение мезозойских отложений, вскрытых Тюменской сверхглубокой скважиной / А. И. Киричкова [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1999. Т. 7, № 1. С. 71–85.
- Ровнина Л. В. Стратиграфическое расчленение континентальных отложений триаса и юры северо-запада Западно-Сибирской низменности. М. : Наука, 1972. 110 с.
- Новые данные о триасовых отложениях Томской области и их типах / Е. Е. Даненберг [и др.] // Вопросы биостратиграфии и детальной корреляции мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской равнины : тр. Зап.-Сиб. науч.-исслед. геол.-разведоч. нефтян. ин-та / под ред. Ю. В. Брэдучана. Вып. 141. Тюмень, 1979. С. 73–76.
- Тужикова В. И., Курбежекова А. Н. Биостратиграфия триасовой эффузивно-осадочной формации Урала. М. : Наука, 1973. 151 с.
- Кара-Мурза Э. Н. Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения мезозойских отложений Хатангской впадины : тр. Науч.-исслед. ин-та геол. Арктики / под ред. Н. А. Шведова. Т. 109. Л. : Гостоптехиздат, 1960. 134 с.
- Скрипина Г. Ф. Спорово-пыльцевые комплексы нижнего, среднего триаса и пограничных нижнеюрских слоев на Быраканской площади // Палинологические материалы к стратиграфии осадочных отложений Якутии / отв. ред. А. И. Томская. Якутск : Кн. изд-во, 1975. С. 9–14.
- Короткевич В. Д. Палинологическая характеристика триасовых отложений центрального сектора Советской Арктики // Палинология мезозоя : тр. III междунар. палинол. конф. / отв. ред. А. Ф. Хлонова. М. : Наука, 1973. С. 16–19.
- Практическая палиностратиграфия / под ред. Л. А. Пановой, М. В. Ошурковой, Г. М. Романовской. Л. : Недра, 1990. 348 с.
- Комплексные палинологические исследования триасовых отложений о. Котельный / Н. К. Лебедева [и др.] // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов : материалы науч. онлайн-сес., посвящ. 100-летию со дня рождения чл.-кор. АН СССР Владимира Николаевича Сакса, 19–22 апр. 2021 г. / под ред. Н. К. Лебедевой [и др.]. Новосибирск : ИИГ СО РАН, 2021. С. 120–124. <https://doi.org/10.18303/B978-5-4262-0104-0>.
- Макарова И. Р. Разнофациальные палиноспектры из верхнепалеозойских отложений Прикаспийского синеклизы, Урала, Тимано-Печорского региона и их значение для биостратиграфии // Биостратиграфия нефтегазоносных бассейнов : докл. Первого междунар. симп., Санкт-Петербург, дек. 1994 г. СПб. : ВНИГРИ, 1997. С. 134–140.
- Возможности палинофациального анализа в палеогеографических построениях (байос-валанжин, Западная Сибирь) / Е. Г. Раевская [и др.] // Интегративная палеонтология: перспективы развития для геологических целей : материалы LXIII сес. Палеонтол. о-ва при РАН, Санкт-Петербург, 3–7 апр. 2017 г. СПб. : Всерос. науч.-исслед. геол. ин-т им. А. П. Карпинского, 2017. С. 123–125.
- Batten D. J. Palynofacies // Palynology: Principles and applications / Eds. J. Jansonius, D. C. McGregor. Vol. 3. Dallas, TX : Amer. Assoc. of Stratigraphic Palynologists Found., 1996. P. 1011–1084.
- Van der Zwan R., Wenderoth P., Alais D. Reduction of a pattern induced motion aftereffect by binocular rivalry suggests the involvement of extrastriate mechanisms // Visual Neuroscience. Vol. 10. P. 703–709.
- Александрова Г. Н., Космынин В. А., Постников А. В. Стратиграфия и условия седиментации меловых отложений южной части Варьеганского мегавала (Западная Сибирь) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2010. Т. 18, № 4. С. 65–91.
- Abbink O. A., Simone A., Hoetz G. A sporomorph ecogroup model for the northwest European Jurassic — Lower Cretaceous I: Concepts and framework // Netherlands Journal of Geosciences. 2004. Vol. 83, no. 1. P. 17–31.
- A sporomorph ecogroup model for the Northwest European Jurassic — Lower Cretaceous II: Application to an exploration well from the Dutch North Sea / O. A. Abbink [et al.] // Netherlands Journal of Geosciences. 2004. Vol. 83. P. 81–91. <https://doi.org/10.1017/S0016774600020059>.
- Paterson N. W., Mangerud G., Mørk A. Late Triassic (early Carnian) palynology of shallow stratigraphical core 7830/5-U-1, offshore Kong Karls Land, Norwegian Arctic // Palynology. 2016. Vol. 41, no. 2. P. 230–254. <https://doi.org/10.1080/01916122.2016.1163295>.
- Ильина Н. В., Жарков В. А. Палинокомплекс сининской свиты (средний триас) из обнажений на реке Верный (Большеустьинская впадина, Тимано-Североуральский регион) // Вестник геонаук. 2023. № 3. С. 23–41. <https://doi.org/10.19110/geov.2023.3.3>.
- Самый молодой триасовый комплекс наземных позвоночных в России: состав и датировка / В. П. Твердохлебов [и др.] // Палеонтологический журнал. 2020. № 3. С. 87–102. <https://doi.org/10.31857/S0031031X20030162>.
- Стратиграфическое бурение на севере Карского моря: первый опыт реализации проекта и предварительные результаты / Н. А. Малышев [и др.] // Геология и геофизика. 2023. Т. 64, № 3. С. 311–326. <https://doi.org/10.15372/GiG2022131>.
- Palynology and terrestrial ecosystem change of the Middle Triassic to lowermost Jurassic succession of the eastern Danish Basin / S. Lindström [et al.] // Review of Palaeobotany and Palynology. 2017. Vol. 244. P. 65–95. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.04.007>.
- Ярошенко О. П. Комплексы миоспор и стратиграфия триаса Западного Кавказа. М. : Наука, 1978. 128 с.
- The millennium atlas: Petroleum geology of the central and northern North Sea / Eds. D. Evans [et al.]. London ; Bath : Geol. Soc. of London, 2003. 1 CD-ROM.
- Ярошенко О. П. Триасовые споры рода *Aratrisporites* и их распространение на территории СССР // Палинология мезозоя : тр. III междунар. палинол. конф. / отв. ред. А. Ф. Хлонова. М. : Наука, 1973. С. 28–32.
- Левитан М. А., Антонова Т. А., Гельви Т. Н. Фациальная структура, количественные параметры и условия накопления мезозойско-кайнозойских отложений в Циркумарктическом поясе. Сообщение 1. Триас-юра // Геохимия. 2014. № 6. С. 519–538. <https://doi.org/10.7868/S0016752514060041>.

## REFERENCES

- Chetverova V. A. Palynostratigraphy of the Triassic deposits in the Barents Sea Shelf (based on the Murmansk gas field wells). *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (1);

51–70. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_101\\_51-70](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_101_51-70). (In Russ.).

2. Kirichkova A. I., Esenina A. V. Middle Triassic pteridosperms (Pinophyta) of the Timan–Pechora basin. *Stratigr. Geol. Correl.* 2016; (24) 2: 118–140. <https://doi.org/10.1134/S0869593816010056>.

3. Palynology and geology of the Triassic succession of Svalbard and the Barents Sea / J. O. Vigran [et al.]: Geological Survey of Norway Spec. Publ. Vol. 14. Trondheim, Norway: Norges geologiske undersøkelse; 2014. 270 p. <https://doi.org/10.5167/uzh-99116>.

4. Klimko S. A. Triassic palynocomplexes of the West Siberian Plate central part (according to Nikolskaya parametric well 1). *Biostratigraphy of the Mesozoic Siberia and Far East: Proc. of Inst. of Geology and Geophysics* / Publ. Eds. A. L. Yanshin, A. S. Dagis. Vol. 648. Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch; 1986. P. 77–82. (In Russ.).

5. Biostratigraphic subdivision of Mesozoic deposits penetrated by the Tyumen superdeep borehole / A. I. Kirichkova [et al.]. *Stratigr. Geol. Correl.* 1999; 7 (1): 64–78.

6. Rovnina L. V. Stratigraphy of the Triassic and Jurassic continental deposits in the northwestern West Siberian Lowland. Moscow: Nauka; 1972. 110 p. (In Russ.).

7. New data on the Triassic deposits in Tomsk region and their types / E. E. Danenberg [et al.]. *Issues of biostratigraphy and detailed correlation of the Mesozoic and Cenozoic deposits in the West Siberian Plain: Proc. of the West Siberian Petroleum Exploration Research Inst.* / Ed. Yu. V. Braduchan. Vol. 141. Tyumen; 1979. P. 73–76. (In Russ.).

8. Tuzhikova V. I., Kurbezhkova A. N. Biostratigraphy of the Triassic effusive sedimentary formation of the Urals. Moscow: Nauka; 1973. 151 p. (In Russ.).

9. Kara Murza E. N. Palynological rationale of stratigraphic subdivision of the Mesozoic deposits in the Khatanga Depression. Leningrad: Gostoptekhizdat; 1960. 134 p. (In Russ.).

10. Skripina G. F. Spore-pollen assemblages of the Lower, Middle Triassic and Lower Jurassic boundary layers in the Byrakan area. *Palynological materials for the sedimentary deposits stratigraphy in Yakutia* / Publ. Ed. A. I. Tomskaya. Yakutsk: Knizhnoe Izdatelstvo; 1975. P. 9–14. (In Russ.).

11. Korotkevich V. D. Palynological characteristics of the Triassic deposits in the central sector of the Soviet Arctic. *Mesophyte Palynology: Proc. of the III Intern. Palynological Conf.* / Publ. Ed. A. F. Khlonova. Moscow: Nauka; 1973. P. 16–19. (In Russ.).

12. Practical palynostratigraphy / Eds. L. A. Panova, M. V. Oshurkova, G. M. Romanovskaya. Leningrad: Nedra; 1990. 348 p. (In Russ.).

13. Comprehensive palynological studies of Triassic deposits from the Koteln Island / N. K. Lebedeva [et al.]. *Paleontology, Stratigraphy and Paleogeography of the Mesozoic and Cenozoic in Boreal regions: Proc. of the Online Sci. Sess. Dedicated to the 110<sup>th</sup> Anniversary of the Birth of Corr. Mem. of the USSR Acad. of Sci. Vladimir Nikolaevich Saks*, 19–22 Apr. 2021. Novosibirsk: IPGG SB RAS; 2021. P. 120–124. <https://doi.org/10.18303/B978-5-4262-0104-0>. (In Russ.).

14. Makarova I. R. Diversity of palynospectra from the Upper Paleozoic deposits in the Caspian Sea Region Syncline, Urals, Timan Pechora region, and their significance for biostratigraphy. *Biostratigraphy of Petroleum Basins: Proc. of the First Intern. Symp.*, Saint Petersburg, Dec. 1994. St. Petersburg: VNIGRI; 1997. P. 134–140. (In Russ.).

15. Possibilities of palynofacies analysis in paleogeographic reconstructions (Bajocian–Valanginian, West Siberia) /

E. G. Raevskaya [et al.]. *Integrative Paleontology: Development Prospects for Geological Purposes: Proc. of the LXIII Sess. of the Paleontol. Soc. of RAS*, Saint Petersburg, 3–7 Apr. 2017. St. Petersburg: All Russ. Geol. Research Inst. of A. P. Karpinsky; 2017. P. 123–125. (In Russ.).

16. Batten D. J. Palynofacies. *Palynology: Principles and applications* / Eds. J. Jansonius, D. C. McGregor. Vol. 3. Dallas, TX: Amer. Assoc. of Stratigraphic Palynologists Found.; 1996. P. 1011–1084.

17. Van der Zwan R., Wenderoth P., Alais D. Reduction of a pattern induced motion aftereffect by binocular rivalry suggests the involvement of extrastriate mechanisms. *Visual Neuroscience*. 1993; 10: 703–709.

18. Aleksandrova G. N., Kosmyrin V. A., Postnikov A. V. Stratigraphy and sedimentary environments for Cretaceous deposits in the southern part of the Var'egansk Megabar (Western Siberia). *Stratigr. Geol. Correl.* 2010; 18 (4): 411–435. <https://doi.org/10.1134/S0869593810040040>.

19. Abbink O. A., Simone A., Hoetz G. A sporomorph ecogroup model for the northwest European Jurassic — Lower Cretaceous I: Concepts and framework. *Netherlands Journal of Geosciences*. 2004; 83 (1): 17–31.

20. A sporomorph ecogroup model for the Northwest European Jurassic — Lower Cretaceous II: Application to an exploration well from the Dutch North Sea / O. A. Abbink [et al.]. *Netherlands Journal of Geosciences*. 2004; 83: 81–92. <https://doi.org/10.1017/S0016774600020059>.

21. Paterson N. W., Mangerud G., Mørk A. Late Triassic (early Carnian) palynology of shallow stratigraphical core 7830/5-U-1, offshore Kong Karls Land, Norwegian Arctic. *Palynology*. 2016; 41 (2): 230–254. <https://doi.org/10.1080/01916122.2016.1163295>.

22. Ilyina N. V., Zharkov V. A. Palynological assemblage of the Synya Formation (Middle Triassic) from outcrops on the Vertny river (Bol'shaya Synya Depression, the Timan Northern Urals region). *Vestnik of Geosciences*. 2023; (3): 23–41. <https://doi.org/10.19110/geov.2023.3.3>. (In Russ.).

23. The youngest Triassic land vertebrate assemblage of Russia: Composition and dating / V. P. Tverdokhlebov [et al.]. *Paleontological Journal*. 2020; (3): 87–102. <https://doi.org/10.1134/S0031030120030156>.

24. Stratigraphic drilling in the Northern Kara Sea: First case and preliminary results. *Russ. Geol. Geophys.* 2023; 64 (3): 311–326. <https://doi.org/10.15372/GiG2022131>. (In Russ.).

25. Palynology and terrestrial ecosystem change of the Middle Triassic to lowermost Jurassic succession of the eastern Danish Basin / S. Lindström [et al.]. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2017; 244: 65–95. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.04.007>.

26. Yaroshenko O. P. Miospore assemblages and Triassic stratigraphy of the West Caucasus. Moscow: Nauka; 1978. 128 p. (In Russ.).

27. The millennium atlas: Petroleum geology of the central and northern North Sea / Eds. D. Evans [et al.]. London; Bath: Geol. Soc. of London; 2003. 1 CD-ROM.

28. Yaroshenko O. P. Triassic spores of the genus *Aratrisporites* and their distribution in the USSR. *Mesophyte Palynology: Proc. of the III Intern. Palynological Conf.* / Publ. Ed. A. F. Khlonova. Moscow: Nauka; 1973. P. 28–32. (In Russ.).

29. Levitan M. A., Antonova T. A., Gelvi T. N. Mesozoic–Cenozoic sedimentation in the circum-arctic belt. 1. Triassic–Jurassic. *Geochemistry International*. 2014; 52: 467–485. <https://doi.org/10.1134/S0016702914060044>.

## Елена Сергеевна Разумкова

Магистр геологии, ведущий инженер,  
отдел стратиграфии и палеонтологии

Всероссийский научно исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-1856-9492>  
Scopus Author ID 54953281500  
SPIN-код РИНЦ 9917-4720  
Elena\_Razumkova@karpinskyinstitute.ru

## Elena S. Razumkova

MSc (Geology), Leading Engineer,  
Department of Stratigraphy and Paleontology

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-1856-9492>  
Scopus Author ID 54953281500  
RSCI SPIN-code 9917-4720  
Elena\_Razumkova@karpinskyinstitute.ru

## Евгений Валерьевич Замараев

Магистр геологии, техник 1 категории,  
отдел стратиграфии и палеонтологии

Всероссийский научно исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0002-8320-3702>  
Evgeniy\_Zamaraev@karpinskyinstitute.ru

## Evgenii V. Zamaraev

MSc (Geology), First Category Technician,  
Department of Stratigraphy and Paleontology

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0002-8320-3702>  
Evgeniy\_Zamaraev@karpinskyinstitute.ru

---

**Вклад авторов:** Разумкова Е. С. — палинологический анализ, концепция исследования, написание текста, выводы.  
Замараев Е. В. — пробоподготовка, подготовка иллюстраций, доработка текста.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** Razumkova E. S. — palynological analysis, conceptualization, original draft, final conclusions.  
Zamaraev E. V. — sample preparation, visualization, follow-on revision.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 10.10.2025  
Одобрена после рецензирования 25.11.2025  
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 10.10.2025  
Approved after reviewing 25.11.2025  
Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 553.25:552.13(571.651)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_113-129

## Последовательность формирования рудной минерализации Майского месторождения (Центральная Чукотка)

Д. С. Артемьев<sup>1</sup>✉, В. И. Леонтьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Полюс Геосервис», Санкт-Петербург, Россия,  
Dima\_art@inbox.ru ✉

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт  
им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

**Ключевые слова:** упорное золото, рудное тело, гранит-порфир, триас, горст, тектоно-магматическая активизация, минеральная ассоциация

**Для цитирования:** Артемьев Д. С., Леонтьев В. И. Последовательность формирования рудной минерализации Майского месторождения (Центральная Чукотка) // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 113–129. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_113-129](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_113-129)

**Аннотация.** Проведено комплексное исследование рудной минерализации Майского месторождения, включающее изучение структурных взаимоотношений минеральных ассоциаций в горных выработках, минералого-петрографический анализ руд, анализ химического и изотопного состава серы сульфидов. На основании полученных данных выделено три этапа рудообразования, закономерно связанных с ключевыми геологическими событиями на Северо-Востоке Российской Федерации. Первый этап — рудоподготовительный — отвечает осадочно-гидротермальной системе в раннем триасе, когда происходило накопление в обстановке пассивной континентальной окраины терригенных алевро-пелитовых, реже псаммитовых осадков на карбонатном основании каменноугольного возраста. На первом этапе сформировались свинцово-цинковая и пирит-арсенопиритовая минеральные ассоциации. Второй этап — продуктивный, или рудоформирующий — отвечает гидротермально-метасоматической системе и является наиболее продуктивным на золото. В течение этого этапа сформированы «грейзеновая», полиметаллическая и золото-сульфидная минеральные ассоциации. Последняя включает основной объем упорного золота. Третий этап — субвулканический — отвечает гидротермально-метасоматической системе, испытавшей резкую декомпрессию с образованием кварцевых брекчий с антимонитом и видимым золотом. Данный этап характеризуется формированием сульфосольно-полиметаллической и золото-антимонитовой минеральных ассоциаций, а также завершением образования Майского месторождения. В это время сформировался рудный столб, занимающий текущее положение по отношению к минеральным ассоциациям продуктивного этапа и отличающийся присутствием крупного (до 2 мм) свободного золота.

Original article

UDC 553.25:552.13(571.651)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_113-129

## Ore mineralization formation stages in the Mayskoe deposit (Central Chukotka)

D. S. Artemev<sup>1</sup>✉, V. I. Leontev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Polyus Geoservice LLC, Saint Petersburg, Russia,  
Dima\_art@inbox.ru ✉

<sup>2</sup> All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia

**Abstract.** The paper comprehensively investigates ore mineralization in the Mayskoe deposit, which involves examining structural relationships of mineral associations in mine workings, mineralogical and petrographic ore analysis, interpreting chemical and isotopic composition of sulfur sulfide. The findings identify three ore formation stages naturally associated with key geological events in North-East



**Keywords:** refractory gold, ore body, granite-porphyry, Triassic, horst, tectonic-magmatic activation, mineral association

**For citation:** Artemev D. S., Leontev V. I. Ore mineralization formation stages in the Mayskoe deposit (Central Chukotka). *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 113–129. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_113-129](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_113-129)

Russia. The first stage includes ore preparation, which corresponds to the Early Triassic sedimentary hydrothermal system when terrigenous siltstone-pelitic, less often psammitic sediments accumulated on the Carboniferous carbonate base in a passive continental margin. The stage involves lead-zinc and pyrite-arsenopyrite mineral association formation. The second stage is productive or ore-forming, pertains to the hydrothermal metasomatic system and is the most fertile for gold. During this stage, "greisen", polymetallic, and gold-sulfide mineral associations were formed. The latter includes the bulk of refractory gold. The third stage is subvolcanic, which aligns with a hydrothermal metasomatic system, whose severe decompression resulted in forming quartz breccias with antimonite and visible gold. Sulpho-salt-polymetallic and gold-antimonite mineral associations characterize this stage, which completes the Mayskoe deposit formation. The period featured the ore column in a cross-cutting position against mineral associations of the productive stage, which is notable for coarse (up to 2 mm) free gold.

## ВВЕДЕНИЕ

На Северо-Востоке Российской Федерации в аккреционно-складчатых поясах известно множество крупнообъемных золоторудных месторождений в черносланцевых комплексах — Нежданинское, Наталкинское, Кючус, Майское. Формирование складчатых поясов происходило в мезозойское и кайнозойское время в результате коллизии Сибирского континента с Тихоокеанской тектонической плитой. Мезо-кайнозойское время характеризуется проявлением интенсивной тектоно-магматической активизации на всей территории Северо-Востока Российской Федерации, выраженной в становлении многочисленных гранитоидных массивов и образовании Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Вследствие проявления обширного магматизма сформировались многочисленные золоторудные, золото-серебряные и редкометалльные месторождения, имеющие как прямую, так и косвенную связь с магматическими комплексами. Золоторудные объекты имеют полихронный характер, выраженный в существовании нескольких минеральных ассоциаций. Золото тесно связано с сульфидной минерализацией и проявляет упорные свойства при обогащении.

Доля упорного золота в общем объеме добычи в России и в мире возрастает с каждым годом. Средние содержания золота в месторождениях с упорными рудами выше, чем в неупорных (в среднем 2,25 г/т против 1,21 г/т<sup>1</sup>). Новые схемы обогащения упорных руд, где извлечение золота достигает 90%, и высокие цены на мировом рынке (до 4000 долларов за тройскую унцию) делают добычу таких руд рентабельной даже в условиях Крайнего Севера. В связи с увеличением доли вовлекаемых в разработку упорных руд, вопросы их геохимии и минералогии приобретают особую актуальность для усовершенствования и разработки новых, более эффективных и менее ресурсоемких технологий переработки связанного золота.

Процесс образования золоторудных месторождений в терригенных углеродсодержащих толщах является одной из наиболее дискуссионных проблем. У геологов, занимающихся исследованиями таких месторождений, нет единой точки зрения на их происхождение. Высказываются мнения

о гидротермально-осадочном, магматогенном и метаморфогенном генезисах [1–4]. Отсутствует и единое представление о последовательности образования рудных минеральных ассоциаций на этих месторождениях, так как объекты многоэтапные и поликомпонентные. Исследование рудной минерализации позволит актуализировать поисковые признаки для выявления месторождений данного типа, оптимизировать поисковые работы и повысить их эффективность. В частности, уточнение рудной зональности поможет оценить уровень эрозионного среза на перспективных проявлениях со сходным геологическим строением с последующей их разбраковкой.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Майское месторождение расположено в Чаунском районе Чукотского автономного округа, в 150 км к юго-востоку от районного центра г. Певек (рис. 1).

Подробно геологическое строение месторождения охарактеризовано в работах М. М. Константинова и др., [5], Н. С. Бортникова и др. [1], А. В. Волкова и др. [6] и других исследователей. В данной статье приведена лишь краткая характеристика геологического строения, необходимая при интерпретации полученных результатов.

В геологическом плане месторождение расположено в пределах Центрально-Чукотской складчатой области. Рудное поле изометричной формы площадью 10 км<sup>2</sup> приурочено к сложной горстовой структуре, находящейся в узле пересечения северо-западных, северо-восточных, субширотных и субмеридиональных разломов. Вмещающие породы представлены песчано-алевро-сланцевыми флишеидными отложениями кэвеемской, ватапва-амской, нерасчлененных рельекуеемской и млелю-веемской, кувеемкайской свит предположительно среднего и верхнего триаса (рис. 2). Фаунистически

<sup>1</sup> Motta G., Polcyn M., Saragosa E. Refractory gold ores: Challenges and opportunities for a key source of growth. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/refractory-gold-ores-challenges-and-opportunities-for-a-key-source-of-growth> (дата обращения: 01.12.2025).



Рис. 1. Майское месторождение на схеме административного деления

Fig. 1. The Mayskoye deposit on the administrative index map

охарактеризованы только породы релюкувеевской, млелювеевской и кувеевской свит, которые отнесены к карнийскому ярусу. Подстилающие толщи немые и условно отнесены к среднему триасу. В алевросланцевых разностях пород автором и предшественниками [6] отмечены многочисленные сингенетические конкреции фрамбоидального пирита.

Магматические породы в пределах месторождения представлены комплексом даек раннемелового возраста, занимающих около 25% его площади. Радиологический возраст даек гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров определен в  $108 \pm 1$  млн лет на основании U-Pb анализа циркона методом SHRIMP-II [7]. Выходы даек образуют пояс шириной около 3 км и протяженностью более 4 км. В поясе дайки сгруппированы в серию сближенных тел меридионального простирания, с которыми пространственно связаны рудоносные зоны. Кроме кислых пород за пределами месторождения

распространены триасовые габброиды и позднемеловые эффузивы.

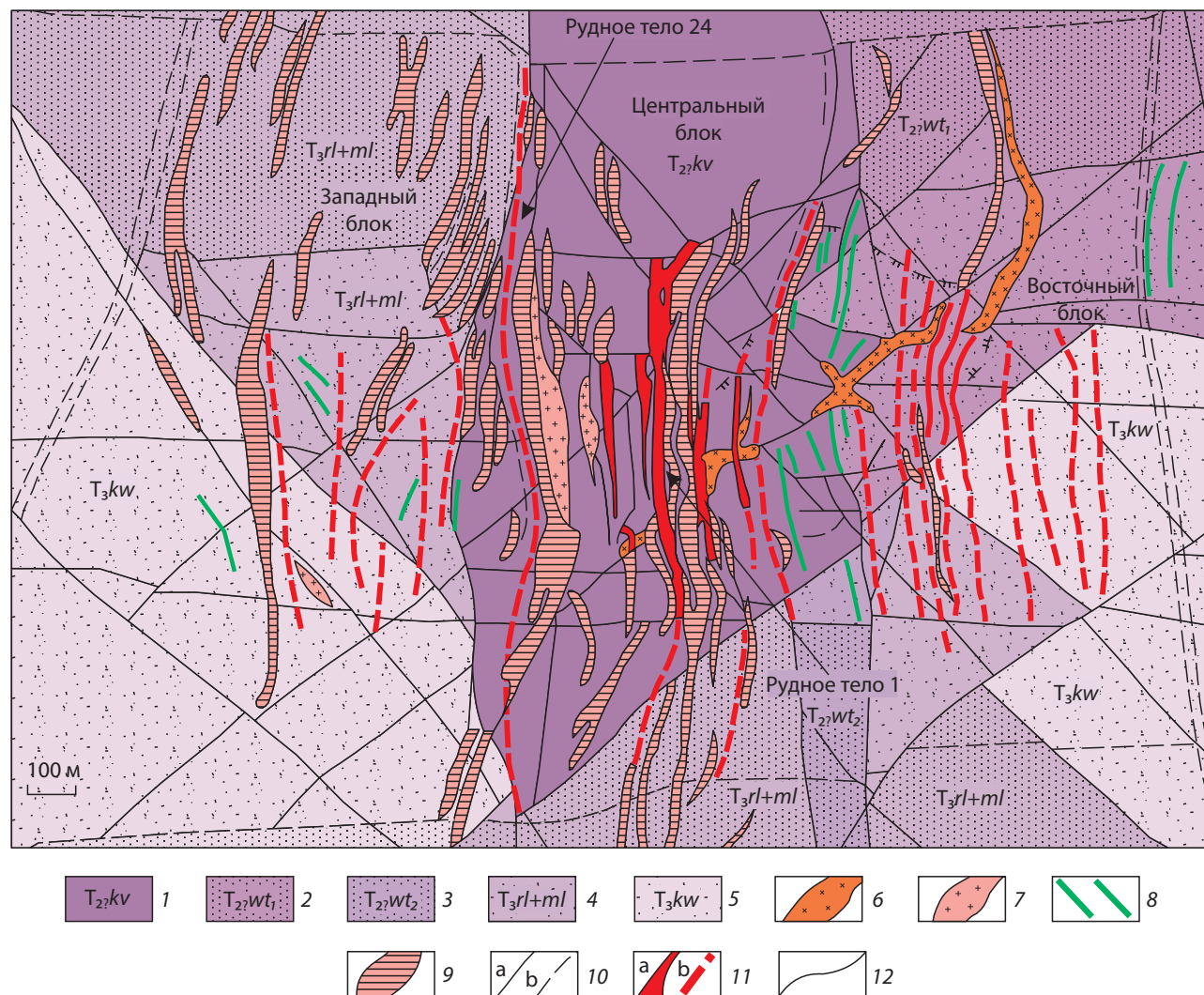
Майское месторождение разделено глубинными разломами на три тектонических блока — Западный, Центральный и Восточный (рис. 2), где дайки и рудные тела объединяются в восемь субмеридиональных рудных зон шириной от 100 до 300 м и протяженностью от 300 до 2500 м. В Центральном блоке находятся основные, наиболее крупные и выдержанные по мощности и падению промышленные рудные тела № 1 и 2. Они приурочены к лежащим бокам даек, занимая их экзоконтактовые зоны, представленные осадочными породами. Оруденение концентрируется в осадочных алевролитах, образуя тонкую сульфидную вкрапленность золотоносных пирита и арсенопирита. В редких случаях золоторудная минерализация фиксируется в дайках гранит-порфиров, изменяя их минеральный состав — проявляются процессы березитизации. Оруденелые дайки редко вовлекаются в отработку,

так как содержание золота в них ниже, чем в осадочных породах.

Более 90% запасов сосредоточено в рудных телах № 1, 2, 13, 23, где золото тонкодисперсное, в виде структурной примеси в арсенопирите и, в подчиненном количестве, в мышьяковистом пирите<sup>1,2</sup> [8; 9].

Небольшая часть запасов локализована в рудных столбах, представленных кварц-антимонитовыми жилами и брекчиями мощностью до 3 м, содержащих крупное (более 1 мм) свободное золото.

Майское месторождение активно изучается с 1980-х гг., однако, несмотря на столь большой



**Рис. 2. Схема геологического строения Майского рудного поля**

Средний(?) триас: 1 — алевролиты кэвеевской свиты; 2 — разнозернистые песчаники ватапваамской свиты, нижней подсвиты; верхний триас: 3 — разнозернистые песчаники ватапваамской свиты, верхней подсвиты; 4 — переслаивающиеся песчаники и алевролиты рельекуеевской и млеювеевской свит; 5 — переслаивающиеся песчаники и алевролиты кувеевской свиты; 6 — гранодиориты и гранит-порфиры; 7 — аплиты; 8 — лампрофиты; 9 — риолит-порфиры; 10 — разломы установленные (a) и предполагаемые (b); 11 — рудные тела, выходящие на поверхность (a), слепые (b); 12 — геологические границы

Источник: по [6]

**Fig. 2. Geological structure diagram of the Mayskoye ore field**

Middle(?) Triassic: 1 — Keveem Formation siltstone; 2 — uneven-grained sandstone of the Vatapvaam Formation, Lower Subformation; Upper Triassic: 3 — uneven-grained sandstone of the Vatapvaam Formation, Upper Subformation; 4 — interbedded sandstone and siltstone of the Relkueem and Mleluveem formations; 5 — Kuveem Formation interbedded sandstone and siltstone; 6 — granodiorite and granite porphyry; 7 — aplite; 8 — lamprophyre; 9 — rhyolite porphyry; 10 — established (a) and inferred (b) faults; 11 — ore body outcrops (a), blind ore bodies (b); 12 — geological boundaries

Source: from [6]

<sup>1</sup> Отчет о геологоразведочных работах на Майском золоторудном месторождении за период 1975–1980 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 1 октября 1980 г. / С. А. Григоров [и др.] // Росгеолфонд, 1980. № 352695.

<sup>2</sup> Голенин В. Б., Гречишников Д. Н., Алдаков Д. С. Отчет с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2002 г. по Майскому золоторудному месторождению (Чукотский автономный округ) // Росгеолфонд, 2002. № 46726.

период и опыт исследования этого объекта, у геологов до сих пор нет единого мнения ни о его генезисе, ни о стадийности образования рудных минеральных ассоциаций. И. Н. Томсон с соавторами полагают, что пирит-арсенопиритовая минерализация с тонковкрапленным золотом образовалась раньше «кварцевых жил и прожилков» [10]. Ю. И. Новожилов и др. [11] и М. М. Константинов и др. [5] сходятся во мнении, что на Майском месторождении выделяются два этапа минералообразования: на раннем формировалась редкометалльная ассоциация, а на позднем — золоторудная. А. В. Волков выделяет четыре этапа минералообразования: метаморфогенный, редкометалльный, золоторудный и сурьмяный [12]. В более поздних работах Ю. И. Новожилова и др. [13] и А. А. Сидорова и др. [14] высказано мнение о том, что кварц-антимонитовая минеральная ассоциация образовалась на самостоятельном, завершающем этапе рудообразования Майского месторождения. Н. С. Бортников с соавторами выделяют три основных этапа рудообразования: сначала сформировались золото-пирит-арсенопиритовые вкрапленные руды, затем редкометалльные касситерит-сульфидные жилы, а процесс завершился образованием кварц-антимонитовых жил [1].

Таким образом, различные авторы выделяют от двух до четырех основных этапов образования рудной минерализации. Все исследователи единодушно признают продуктивный на золото пирит-арсенопиритовый этап, однако количество и время формирования остальных этапов относительно продуктивного остается дискуссионным.

В данной статье авторы на основании изучения структурных особенностей месторождения, минерального состава руд и взаимоотношений минеральных ассоциаций излагают собственную точку зрения на стадийность образования рудных минеральных ассоциаций и связывают выделенные ассоциации с различными этапами тектоно-магматической активизации Северо-Востока Российской Федерации.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Фактический материал содержит представительную коллекцию образцов горных пород, руд и метасоматитов. Для химического анализа отобрана 121 проба из керна скважин по рудным и вмещающим интервалам, а также 59 штучных проб из горных выработок (рудные забои, кваршлагги, рассечки) и с поверхности рудного поля. Для каждой керновой и штучной пробы из сколов изготовлены шлифы в количестве 180 шт., по рудным пробам — аншлифы (39 шт.). Каменный материал характеризует рудные зоны № 1 и 2, «бонанцевое» оруденение рудного тела № 1, их околорудное пространство и вмещающие породы. Кроме того, в работе использована авторская первичная документация наземных полевых маршрутов, забоев и стенок горных выработок Майского месторождения.

Аналитические и микроскопические исследования выполнены в Центральной лаборатории

Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского по стандартным методикам, принятым в организации. Золото определялось методом атомной абсорбции на приборе AAnalyst-800. Химические анализы на микроэлементы проводились на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) ELAN-6100 DRC. Для определения Sc использовался атомно-эмиссионный метод (прибор Optima-4300 ICP-AES), Hg — метод холодного пара на приборе «Юлия 5М», анализы на S и C<sub>общ</sub> — инфракрасным спектральным методом.

## *Минеральный состав, последовательность формирования минеральных ассоциаций*

Рудная минерализация Майского месторождения весьма разнообразна; рудные тела содержат в среднем 6–8% сульфидов. Разными авторами выделено более 50 минеральных видов, среди которых наиболее широко распространены мелкие, до субмикронного размера, пирит и арсенопирит, а также крупнокристаллический антимонит [1; 6]. В подчиненном количестве встречаются марказит, самородное золото, галенит, сфалерит, халькопирит, пирротин, станнин, касситерит и блеклые руды. К редким относятся вольфрамит, самородные висмут и мышьяк, галенобисмутит, акантит и другие минералы. Сульфиды объединяются в различные минеральные ассоциации: пирит-арсенопиритовую, редкометалльные, полиметаллические, золото-антимонитовую.

На основании собственных исследований структурно-текстурных и минералого-геохимических особенностей, рудную минерализацию можно разделить на три разных этапа, связанных с различными геологическими процессами, происходившими на Центральной Чукотке. *Первый этап* соответствует ранней осадочно-гидротермальной системе и в структуре оруденения Майского месторождения является рудоподготовительным. Он характеризуется накоплением (табл. 1) в первично осадочных терригенных породах (алевролитах и песчаниках) относительно кларка земной коры [15] и черных сланцев [16] серы, сидерофильных элементов [17] — железа, хрома, никеля, золота и слабым накоплением халькофильных — серебра, мышьяка, цинка и свинца. Основным концентратором свинца является галенит; цинка, серебра и кадмия — сфалерит. Сера — неотъемлемая часть всех сульфидов, и ее содержание закономерно увеличивается с образованием рудной минерализации. Увеличение доли трехвалентного железа и уменьшение двухвалентного свидетельствуют об увеличении доли арсенопирита в породах, так как окисное железо входит в структуру арсенопирита, а закисное — в пирит.

На первом этапе нами выделяются две рудные минеральные ассоциации: свинцово-цинковая и пирит-арсенопиритовая. Первая ассоциация выделяется по геохимическому признаку — накоплению свинца и цинка в первичных вмещающих алевролитах на уровне трех кларков концентрации в земной коре (табл. 1). Судя по низким содержаниям этих

Таблица 1

**Геохимические особенности терригенных пород кэвеевской свиты Майского месторождения**

Table 1. Geochemical features of the Keveem Formation terrigenous rocks in the Mayskoe deposit

№ п/п	Проба	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	C <sub>общ</sub>	S	Au	Ag	As	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn
1	5	8,37	1,97	1,92	< 0,002	0,61	37,1	161	98,1	66,9	18,2	148
2	1-12-2	7,89	2,7	0,82	< 0,002	0,59	52,2	132	95,9	59,4	11,6	147
3	1-12-4	7,44	2,33	0,35	< 0,002	0,24	68,5	114	90,4	40,7	24,6	170
4	1-12-5	5,64	1,5	0,15	< 0,002	0,14	27	62,9	36	18,4	22,7	103
5	1-12-10	7,11	2,44	0,15	< 0,002	0,19	85,3	117	86,4	67,9	35,8	216
6	1-12-11	7,44	2,49	0,28	< 0,002	0,31	67,2	111	86	52,7	16	188
7	1-12-12	8,59	2,5	0,76	< 0,002	0,28	47,1	112	103	62,8	18,5	200
8	1-12-13	7,14	2,38	0,33	< 0,002	0,19	53,1	110	86,6	46,1	8,21	187
9	1-12-17	7,74	2,48	0,38	0,0033	0,2	97,7	120	96,6	53,3	17,7	202
10	1-12-19	7,49	2,6	0,26	< 0,002	0,19	83,1	120	103	49	9,71	173
11	1-12-20	6,08	1,37	0,29	< 0,002	0,086	62	76,6	54,9	15,9	9,52	96,7
12	1-12-24	5,55	2,37	2,27	0,005	0,5	168	144	109	61,6	37,9	240
13	1-12-30	7,92	2,53	0,68	< 0,002	0,23	117	109	95,9	39,9	9,44	131
14	1-14-1	7,13	2,09	0,055	0,0024	0,075	22,6	141	59,3	38,9	4,64	98,4
15	1-14-2	8,4	2,21	0,021	< 0,002	0,054	14,6	125	61,2	39,4	3,32	88
16	1-14-9	7,81	1,94	0,29	< 0,002	0,19	57,6	120	58,5	44,8	9,8	71,7
17	1-14-10	6,39	1,72	0,18	< 0,002	0,1	56,4	122	53,4	42,5	4,39	124
18	1-14-11	6,53	1,76	0,32	< 0,002	0,11	65,3	119	50,7	38,3	8,14	120
19	1-14-34	8,22	2,16	0,11	0,014	0,046	81,4	138	54,4	12,1	8,42	71,7
20	1-14-42	9,42	2,47	0,9	< 0,002	0,086	74	129	67,8	35	8,06	157
Земная кора		5,33	0,02	0,033	0,003	0,073	1,8	93	56	53	12	68
Черные сланцы			1,8	0,42	0,0076	1,6	30	81	67	87	26	140

Примечание. Красным цветом отмечены содержания химических элементов, превышающие кларк земной коры в 2 раза и более

Источник: значения кларка земной коры — по [15], черных сланцев — по [16]

Note. The red color indicates chemical composition values exceeding crustal abundance more than once

Source: crustal abundance values — from [15], black shale abundance values — from [16]

элементов — на уровне десятков и сотен г/т, сульфиды рассеяны по массе породы и имеют наноразмерный облик либо входят в ранние кристаллы пирита и арсенопирита в качестве структурной примеси (табл. 2).

*Пирит-арсенопиритовая ассоциация* характеризуется наличием во вмещающих породах вкрапленной минерализации пирита и арсенопирита первой генерации. *Пирит I* во вмещающих алевролитах представлен вкрапленностью округлых (фрамбоидальных) зерен, часто образующих конкреционные выделения (рис. 3). Нередко минерал имеет сетчатое строение, следы коррозии, с ажурными каймами замещения по периферии марказитом. Во вмещающей толще встречается в виде неравномерных мелко- до крупнозернистых скоплений. Размер отдельных зерен — от 0,1 до 0,5 мм, в густых скоплениях достигает 1 мм (рис. 4, а).



Рис. 3. Сингенетическая конкреция пирита во вмещающих алевролитах. Округлые выделения — пирит I, прожилки — пирит II

Fig. 3. Syngenetic pyrite concretion in the host siltstone. Rounded segregations — pyrite I, veinlets — pyrite II

**Химический состав рудной минерализации по результатам микрозондового исследования**

Table 2. Chemical composition of ore mineralization after microprobe analysis

Минерал	S	Fe	As	Pb	Cu	Zn	Sb	Bi	Co	Mn	Al	Si	Ca	Ti	Сумма
Пирит I	64,7	32,7	—	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Пирит I	65,1	34,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Пирит I	65,5	34,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Пирит I	66,2	33,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Пирит I измененный	60,9	35,4	—	—	—	—	—	—	—	—	1,1	1,9	0,4	0,4	100,0
Продукт распада пирита I	20,1	78,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6	—	—	100,0
Пирит II мышьяковистый	64,9	34,1	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Пирит II измененный, мышьяковистый	41,8	55,5	2,5	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Пирит III мышьяковистый	60,9	32,4	6,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Пирит III мышьяковистый	62,5	31,1	6,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Арсенопирит I	21,2	37,3	41,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Арсенопирит II	26,1	23,3	49,8	—	—	—	0,8	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Арсенопирит III	25,8	22,0	52,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Халькопирит	48,6	26,0	—	—	25,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Халькопирит	49,4	26,0	—	—	24,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Галенит	86,3	1,4	—	12,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Ферротетраэдрит	38,7	10,7	—	—	31,5	4,6	14,1	—	—	0,5	—	—	—	—	100,0
Тетраэдрит	41,9	4,5	—	—	34,3	5,1	14,2	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Тетраэдрит	42,8	2,5	—	—	36,4	4,7	13,7	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Висмутин	53,3	—	—	5,4	—	—	—	41,3	—	—	—	—	—	—	100,0
Галеновисмутит	50,1	—	—	19,4	—	—	—	30,5	—	—	—	—	—	—	100,0
Бурнонит	46,6	3,4	—	29,2	13,8	—	7,0	—	—	—	—	—	—	—	100,0
Сернистый глаукодот	35,0	8,0	30,6	—	—	—	—	—	26,4	—	—	—	—	—	100,0

Примечание. Анализы выполнены на приборе CamScan MV 2300 с энергодисперсионным микроанализатором LINK Pentafet (Oxford Instruments), ток зонда 20 кВ. Аналитик: В. Ф. Сапега

Note. CamScan MV 2300 with a LINK Pentafet energy dispersive spectroscopy detector (Oxford Instruments) as an analysis source, probe voltage 20 kV. Analyst: V. F. Sapega

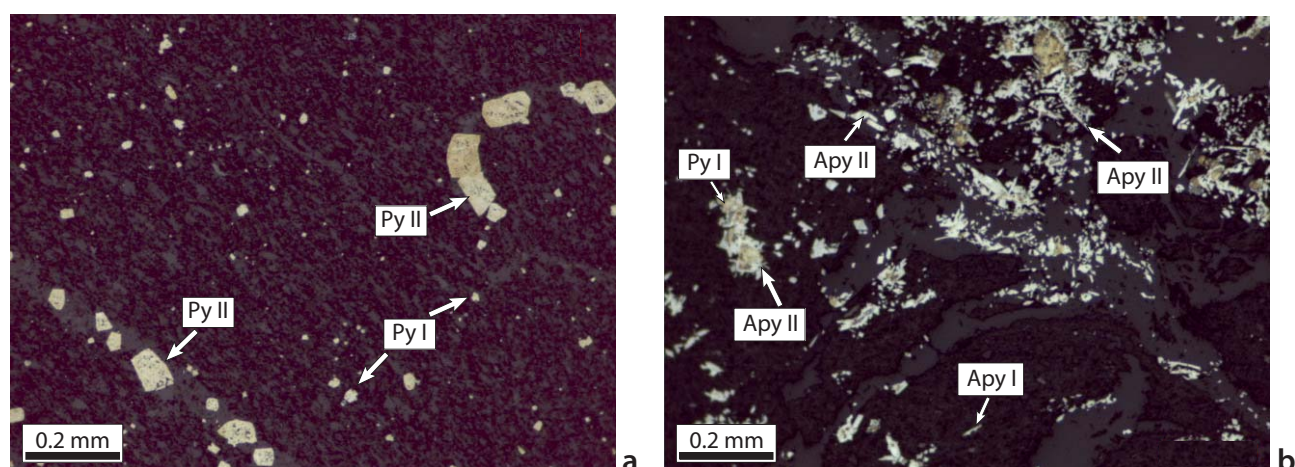


Рис. 4. Микрофотографии шлифов в отраженном свете, взаимоотношения: *a* — пирита I и II, *b* — арсенопирита I и II с пиритом I

Py I — пирит I; Py II — пирит II; Apy I — арсенопирит I; Apy II — арсенопирит II

Fig. 4. Polished section micrographs in reflected light; relationship between: *a* — pyrite I and pyrite II, *b* — arsenopyrite I, arsenopyrite II, and pyrite I

Py I — pyrite I; Py II — pyrite II; Apy I — arsenopyrite I; Apy II — arsenopyrite II

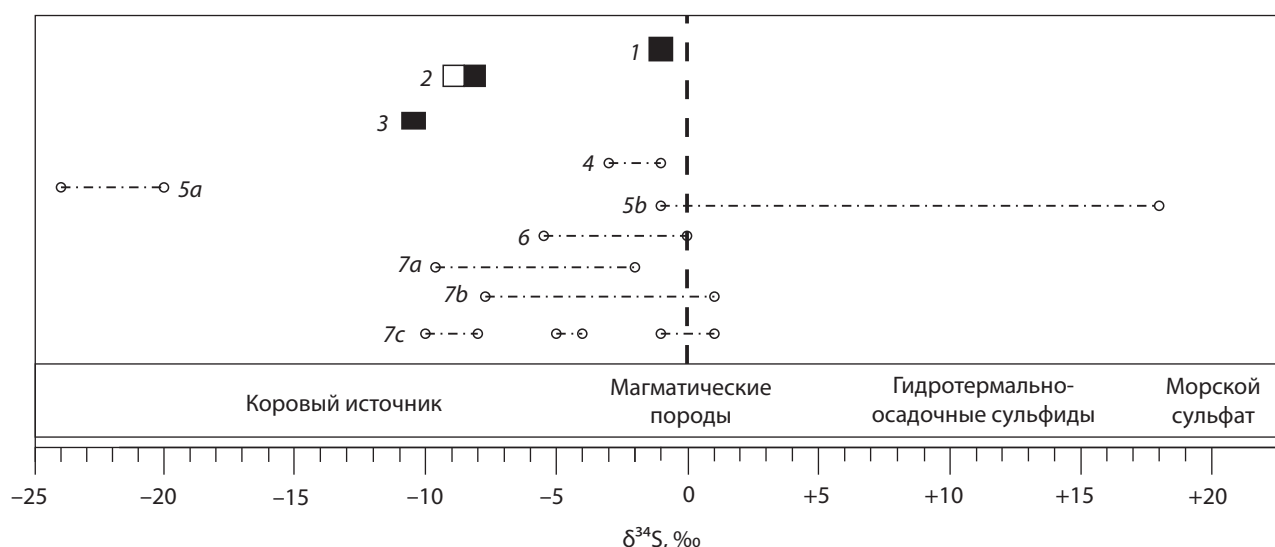
Состав пирита I очень близок к стехиометрическому, однако в некоторых зернах обнаружен свинец — 2,6 % (табл. 2), а в структурах распада пирита содержание железа достигает 78 %. В измененных породах выявлены включения силикатных минералов, в которых содержание алюминия, кремния, кальция и титана достигает первых процентов. В пирите I из окколрудного пространства установлено содержание золота до 4 г/т [10].

*Арсенопирит I* встречается в виде рассеянных идиоморфных изометричных и вытянутых кристаллов псевдоромбического облика, иногда образуются отдельные гнезда из сростков арсенопирита. Он распространен в виде вкрапленности во вмещающих алевролитах, иногда образует тонкие прожилки с кварцем. Размер выделений арсенопирита — от первых сотых до 1,5 мм (рис. 4, б). Состав арсенопирита I близок к стехиометрическому (табл. 2) и содержит около 37 % железа, 41 % мышьяка и 21 % серы.

А. В. Волковым проводилось изучение изотопного состава серы сульфидов из вмещающих пород —

алевролитов и песчаников продуктивной кээемской свиты [7]. Анализировался в основном фрамбоидальный диагенетический пирит, для которого значение  $\delta^{34}\text{S}$  составило в диапазоне от  $-20$  до  $-24$  ‰ (рис. 5). Высокая доля легкого изотопа серы типична для коровых источников [18]. С. В. Кряжев<sup>1</sup> описывает механизм образования легкой серы на ранних этапах формирования золото-сульфидных месторождений в черносланцевых углеродистых толщах. Он отмечает, что черные сланцы обычно содержат повышенные количества рудной минерализации по сравнению с другими осадочными породами, причем сульфиды обогащены легким изотопом, который образуется за счет бактериальной сульфат-редукции.

**Второй этап** включает три рудные минеральные ассоциации, выделяемые по структурно-текстурным и геохимическим признакам. В конце этапа сформировался основной объем золотого оруденения, связанного с сульфидами. Образование рудной минерализации сопровождалось интенсивными тектоническими подвижками, заложением субмери-



**Рис. 5. Диапазоны вариаций изотопного состава серы сульфидов Майского месторождения\***

1 — пирит, арсенопирит, проба Od-100; 2 — арсенопирит, проба 170–2ю; 3 — антимонит, проба Ant; 4 — галениты, 4 пробы; 5а — сульфиды из вмещающих алевролитов, 5b — из рудных тел; 6 — золотоносный арсенопирит, 4 пробы; 7а — пирит и арсенопирит продуктивного золото-сульфидного этапа, 15 проб, 7b — сульфиды полиметаллического этапа, 26 проб, 7с — антимониты золото-антимонитового этапа, 9 проб

Источник: 4 — по [19], 5 — по [6], 6 — по [8], 7 — по [1]

**Fig. 5. Variation ranges of sulfur sulfide isotopic composition in the Mayskoe deposit\*\***

1 — pyrite, arsenopyrite, sample Od-100; 2 — arsenopyrite, sample 170–2ю; 3 — antimonite, sample Ant; 4 — galena, 4 samples; 5а — sulfide from host siltstone, 5b — sulfide from ore bodies; 6 — gold-bearing arsenopyrite, 4 samples; 7а — pyrite and arsenopyrite of the productive gold-sulfide stage, 15 samples, 7b — sulfide of the polymetallic stage, 26 samples, 7с — antimonite of the gold-antimonite stage, 9 samples

Source: 4 — from [19], 5 — from [6], 6 — from [8], 7 — from [1]

\* Кряжев С. В. Генетические модели и критерии прогноза золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.11. М., 2017. 52 с.

\*\* Kryazhev S. V. Genetic models and criteria for forecasting gold ore deposits in carbon-terrigenous complexes: Abstr. of DSc diss. (Geology and Mineralogy): 25.00.11. Moscow; 2017. 52 p.

<sup>1</sup> Кряжев С. В. Генетические модели и критерии прогноза золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.11. М., 2017. 52 с.

диональных разломов во вмещающих алевролитах и песчаниках, вдоль которых проявились интенсивные гидротермально-метасоматические преобразования. Наиболее распространенными новообразованными жильными минералами являются кварц, серицит, карбонаты (доломит, анкерит, сидерит) и каолинит.

К первой — «грейзеновой» ассоциации — авторы отнесли высокотемпературные минералы — молибденит, вольфрамит и касситерит в кварцевых прожилках; взаимные пересечения с рудными телами не выявлены. Минералы «грейзеновой» ассоциации на Майском месторождении развиты довольно слабо, промышленной значимости не имеют, приурочены к центральной части месторождения, к границе Центрального и Восточного тектонических блоков. Перечисленные минералы и их ассоциации с кварцем не образуют взаимных пересечений (по крайней мере, авторами и предшественниками [1; 6] этих взаимоотношений выявлено не было), и очередность их кристаллизации не ясна.

Молибденит, вольфрамит и касситерит объединены нами в одну стадию, так как эти минералы являются высокотемпературными, встречаются совместно в грейзеновых и скарновых месторождениях. В ряду В. Х. Эммонса при циркуляции гидротермальных металлоносных растворов минералы выпадают одними из первых [20]. Химические свойства молибдена, вольфрама и олова весьма сходны — имеют близкие ионные и атомные радиусы.

*Вольфрамит* встречается весьма редко, преимущественно на границе Центрального и Восточного блоков. Он распространен в виде вкрапленности в кварцевых жилах и прожилках, секущих дайку гранодиорит-порфиоров. Форма кристаллов таблитчатая, призматическая, размеры зерен составляют от 0,05 до 0,2 мм.

*Молибденит*, как и вольфрамит, распространен слабо и пространственно совмещен с его ореолом. Молибденит образует редкую вкрапленность в кварцевых прожилках и просечках. Серия сближенных прожилков кварц-молибденитового состава формирует штокверк с весьма бедной минерализацией, размеры которого уменьшаются с глубиной, превращаются в зону тонкого прожилкования. Глубже горизонта +200 штокверк кварц-молибденитового состава исчезает, но снова появляется на глубине около 1,5 км в скважинах колонкового бурения. Форма кристаллов таблитчатая, встречаются агрегаты неправильной формы с извилистыми границами, размеры зерен редко превышают 0,1 мм.

*Касситерит* распространен несколько шире, чем вольфрамит и молибденит. Чаще всего он встречается в Восточном блоке месторождения, в кварцевых прожилках, секущих вмещающие алевролиты и песчаники. Касситерит обычно образует отдельные кристаллы столбчатого, изометричного, таблитчатого облика, либо агрегаты. Размеры кристаллов редко превышают 0,7 мм. В некоторых случаях касситерит замещается станнином, который образует тонкие каемки по периферии кристаллов, иногда выполняет тонкие прожилки в касситерите до 0,1 мм.

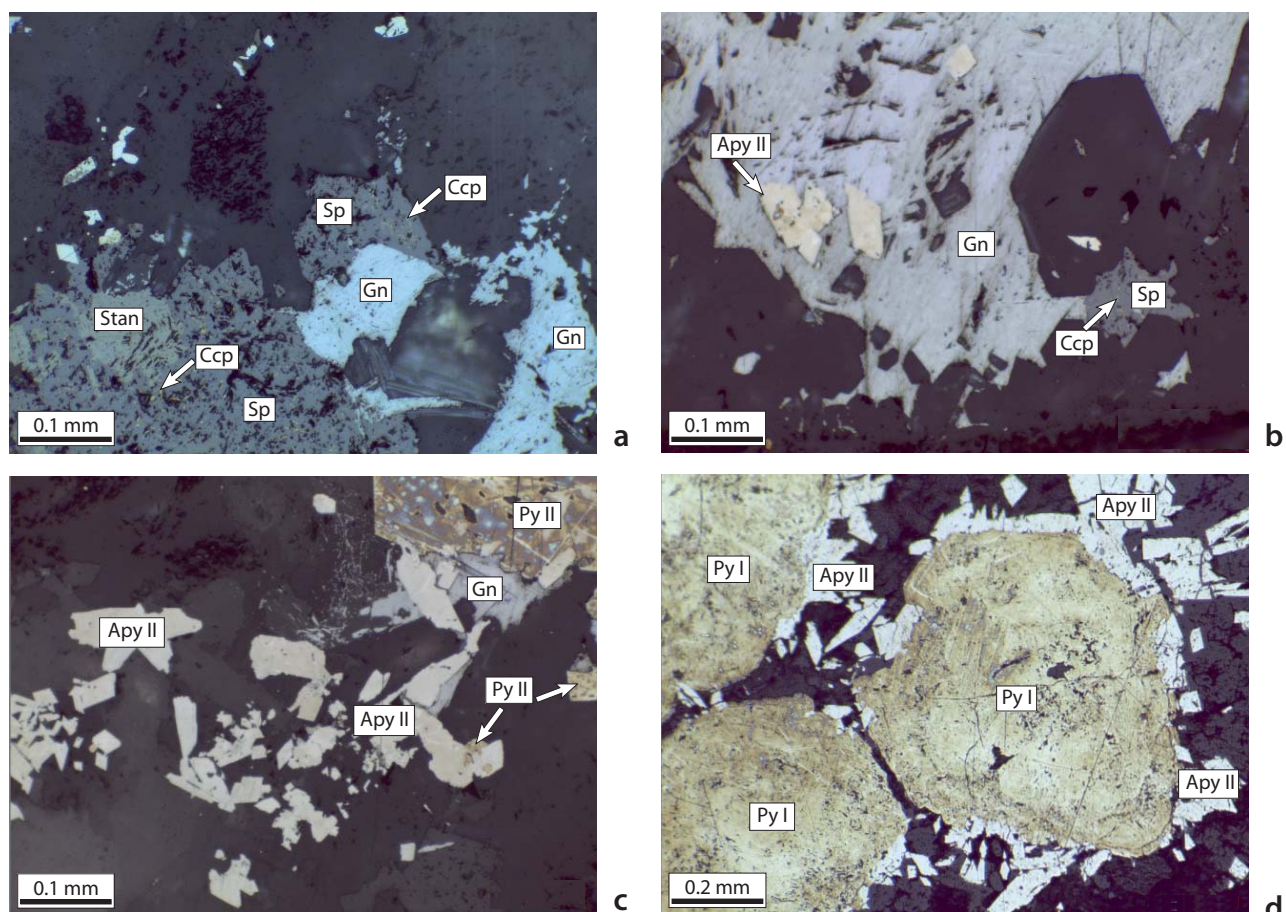
*Полиметаллическая ассоциация* довольно широко распространена в пределах Майского месторождения, наиболее проявлена в Центральном блоке. По мнению авторов, вслед за «грейзеновой» ассоциацией произошла кристаллизация халькопирита, станнина, сфалерита, галенита, пирита и арсенопирита второй генерации, мелкого свободного золота и других минералов. Полиметаллическая ассоциация сформировалась до золото-сульфидной. Доказательством служит наблюдение взаимоотношений в рудном забое: на горизонте +110 зафиксировано пересечение крутопадающей зоной дробления, вмещающей золото-сульфидное оруденение продуктивной стадии, пологой наклонной (падающей под углом 40°) жилы халькопирит-сфалерит-галенитового состава [21].

Одним из ранних минералов полиметаллической ассоциации является халькопирит, который часто встречается в кварцевых прожилках с пиритом, пирротинном и реже с блеклыми рудами. Структурно-текстурные особенности минералов свидетельствуют о том, что халькопирит кристаллизовался раньше станнина и сфалерита. Его мелкие включения встречаются в кварце, пирите и арсенопирите первой генерации. В сфалерите часто наблюдается эмульсионная вкрапленность халькопирита (рис. 6, а, б). В редких случаях халькопирит содержит вкрапленность сфалерита в виде «звездочек», а также включения самородного золота размером 5–8 мкм [1]. Химический состав халькопирита по данным микрозондового исследования (табл. 2) близок к стехиометрическому.

*Пирротин* в рудах Майского месторождения распространен весьма слабо. Он обнаружен в кварц-сульфидной прожилке мощностью до 2 см совместно с пиритом, халькопиритом, минералами висмута и теллура. Пирротин интенсивно замещается марказитом и пиритом с образованием типичных текстур «птичий глаз». В крупнокристаллических агрегатах пирита и арсенопирита первой генерации обнаружены обособления пирротина либо его сращения с халькопиритом размером менее 0,1 мм. По данным рентгеноспектрального микроанализа, состав пирротина соответствует формуле  $\text{Fe}_{0,89}\text{S}$  [1].

*Самородное золото* обнаружено в виде редких округлых, каплевидных вкраплений в халькопирите и образует сращения с блеклой рудой. По данным Н. С. Бортникова [1], пробность этого золота составляет 773–883‰; из примесей присутствует серебро (11,0–20,8%), медь (0,1–1,2%) и ртуть (0,2–1,4%). По данным А. В. Волкова [6], пробность золота составляет от 789 до 920‰, а из примесей выявлены селен (0,01–0,19%), реже ртуть (до 0,12%) и медь (до 0,2%).

*Сфалерит* в тесной ассоциации со станнином sporadически встречается по всей площади месторождения, преимущественно в околорудном пространстве. Их зерна часто имеют взаимные границы, что свидетельствует о синхронном образовании. Взаимоотношения сфалерита и станнина с галени- том и сульфосолями указывают на более позднее формирование последних. Однако в ряде случаев сфалерит обрастает зерна и агрегаты станнина,



**Рис. 6. Микрофотографии в отраженном свете полиметаллической рудной ассоциации**

*a* — взаимоотношения галенита, станнина, эмульсионная вкрапленность халькопирита в сфалерите; *b* — прорастание арсенопирита II в галените; *c* — нарастание арсенопирита II на пирит и галенит; *d* — обрастание фрамбоидальных зерен пирита I арсенопиритом II: Py I — пирит I, Py II — пирит II, Apy I — арсенопирит I, Apy II — арсенопирит II, Stan — станнин, Ccp — халькопирит, Sp — сфалерит, Gn — галенит

**Fig. 6. Reflected light micrographs of the polymetallic ore association**

*a* — relationship between galena and stannite, emulsion dissemination of chalcopyrite in sphalerite; *b* — growth of arsenopyrite II into galena; *c* — growth of arsenopyrite II on pyrite and galena; *d* — coating of framboidal pyrite I grains with arsenopyrite II: Py I — pyrite I, Py II — pyrite II, Apy I — arsenopyrite I, Apy II — arsenopyrite II, Stan — stannite, Ccp — chalcopyrite, Sp — sphalerite, Gn — galena

отлагаясь позже (рис. 6, *a*). Сфалерит чаще всего ксеноморфен, образует агрегаты размером до первых мм и содержит множество включений вмещающих алевролитов, углистого вещества и жильной минерализации. Редко встречаются таблитчатые, призматические кристаллы.

Н. С. Бортников [1] отмечает изменчивый химический состав сфалерита. Содержание цинка изменяется от 51,3 до 62,0%, железа — от 1,8 до 10,4%, кадмия — от 0,6 до 2,8%. А. В. Волковым по результатам абсорбционного и нейтронно-активационного анализов в сфалерите установлены содержания золота от 0,8 до 61,5 г/т и серебра от 145 до 1032 г/т [6].

Станнин очень часто наблюдается в сростаниях со сфалеритом, образует ксеноморфные выделения размером от 0,05 до 0,3 мм (рис. 6, *a*). Он может находиться как во внутренних частях сфалерита, так и образовывать каймы вокруг него. Встречаются сростания с касситеритом, в котором станнин может образовывать тонкие просечки и обрастать

по периферии. В редких случаях станнин замещает пирит и арсенопирит первой генерации, образуя в последних прожилки и каймы обрастания. Химический состав изменчив, всегда присутствует цинк от 1,6 до 11,8%, железо варьирует от 3,5 до 13,3%.

Галенит является распространенным минералом, но проявлен незначительно, промышленных скоплений не образует. Он встречается в виде самостоятельных кристаллов в кварцевых прожилках, в сростаниях с пиритом, сфалеритом и арсенопиритом. Иногда крупнокристаллический арсенопирит псевдоромбического габитуса прорастает в центральных частях галенита (рис. 6, *b*). Характерны включения и структуры обрастания идиоморфного дипирамидального кварца. Формы кристаллов галенита в основном ксеноморфные, встречаются грани кубов, характерны треугольники выкрашивания. Размеры индивидов от 0,05 мм до первых мм. По периферии зерна галенита могут обрастать сульфоантимонитами свинца.

По данным микрозондового исследования, состав галенита близок к стехиометрическому (табл. 2); он слабо обеднен серой и содержит примесь железа (1,4%). Н. С. Бортниковым отмечены незначительные (до 1%) примеси серебра, сурьмы и висмута [1]. А. В. Волковым по результатам абсорбционного и нейтронно-активационного анализов в галените установлены содержания золота от 0,4 до 1,3 г/т и серебра от 319 до 1200 г/т [6].

*Блеклая руда* встречается в тесной ассоциации с галенитом, пиритом и арсенопиритом второй генерации, образует ксеноморфные сплошные массы размером в десятые доли мм. Блеклые руды представлены тетраэдритом и ферротетраэдритом (табл. 2); в последнем отмечена примесь марганца (0,5%). Н. С. Бортниковым отмечены примеси серебра (до 9,2%) и мышьяка (до 1,7%) [1].

*Пирит II* характеризуется неоднородным строением, обусловленным наличием мышьяка в его структуре. Об этом свидетельствует его яркая аномальная оптическая анизотропность и мозаичность в строении. Он образует изометричные зерна пентагондодекаэдрического габитуса, а также кубического облика (рис. 4, а, б, с). Эти кристаллы образуют как равномернозернистые единичные зерна, так и гнезда, прожилки, просечки. Пирит обладает свойственной слабой трещиноватостью и ситовидным строением. При травлении кристаллов пирита выявляется их зональное, реже микроблоковое строение. Иногда в центре зерен наблюдается кубический кристалл, сменяющийся к периферии пентагондодекаэдром. В центре кубических и пентагондодекаэдрических форм изредка встречаются округлые зерна [1]. В массивных рудах отмечено обрастание изометричных зерен удлиненными иголочками арсенопирита размером около 0,2–0,5 мм, а также сростки пирита и арсенопирита.

Химический состав пирита II несколько отличается от стехиометрического; в виде примеси отмечаются мышьяк (до 2,5%) и сурьма (до 0,2%) (табл. 2). Кроме того, по данным Н. С. Бортникова, в некоторых зернах пирита II обнаружено золото (до 0,3%) [1]. А. В. Волков по результатам абсорбционного и нейтронно-активационного анализов выявил содержания золота до 40,4 г/т и серебра от 3,6 до 154 г/т [6].

*Арсенопирит II* представлен вытянутыми, шестоватыми и короткостолбчатыми кристаллами, имеющими псевдоромбический облик (рис. 4, б, 6). Размер индивидов изменяется в широких пределах — от долей до 5–7 мм. Арсенопирит часто кородирует фрамбоидальные зерна пирита I, образует вокруг него каемки обрастания, нередко встречаются включения в галените. В кварцевых жилах и прожилках он образует скопления кристаллов различной морфологии. Для арсенопирита характерна осцилляторная зональность, выявляемая травлением, а также полисинтетическое и миметическое двойникование [1].

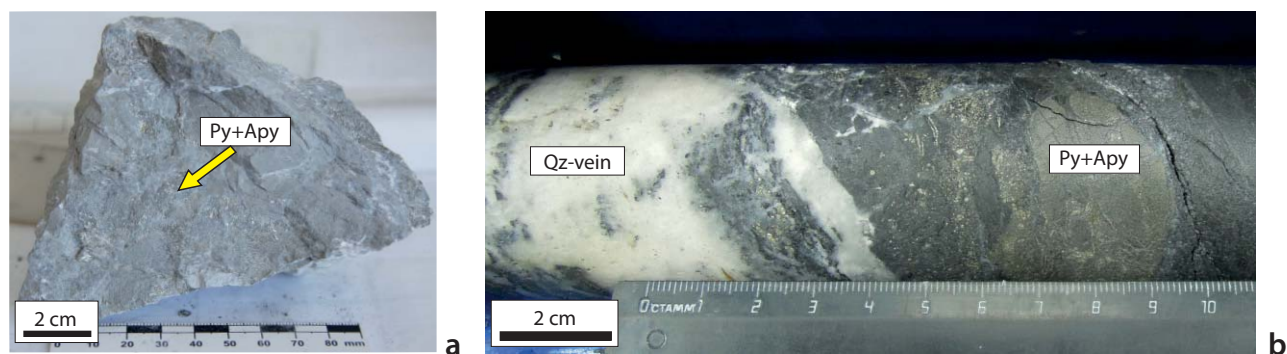
Химический состав арсенопирита II весьма изменчив и в большинстве случаев отличается от стехиометрического. По нашим данным, он обогащен мышьяком и может содержать примесь сурьмы

до 0,8%. Н. С. Бортников отмечает, что содержание железа может варьировать от 32,8 до 34,9%, мышьяка — от 43,1 до 51,4%, а сурьмы может достигать 1,5% [1]. Внутреннее строение зерен также неоднородно: в некоторых кристаллах по направлению от центра к краю содержание серы и сурьмы уменьшается, а мышьяка увеличивается. Арсенопирит II содержит золото — от 4,5 до 117,2 г/т. А. В. Волковым также выявлены содержания золота в арсенопирите II — 1,7–75,8 г/т и серебра — 5,2–336,0 г/т [6].

А. В. Волковым [6; 20] и Н. С. Бортниковым [1] проводилось изучение изотопного состава серы из сульфидов полиметаллического этапа. В сфалерите, галените, пирите и арсенопирите второй генерации значение  $\delta^{34}\text{S}$  составило в диапазоне от  $-7$  до  $+1\text{‰}$  (рис. 5), подавляющее большинство измерений находятся в диапазоне от  $-3$  до  $0\text{‰}$ . Полученные значения свидетельствуют о магматическом источнике серы для изученных сульфидов. Отклонения в сторону увеличения доли легкой серы свидетельствуют о заимствовании легкого изотопа остаточными гидротермальными растворами, которые могли растворять диагенетический пирит. При кристаллизации сульфидов полиметаллической ассоциации большая часть серы имела глубинный источник, и лишь небольшая часть извлечена из вмещающих пород.

*Золото-сульфидная ассоциация* представлена ассоциацией пирита и арсенопирита третьей генерации. Она является наиболее распространенной в рудных телах Майского месторождения и включает в себе более 90% запасов золота, связанного с сульфидами. Пирит и арсенопирит третьей генерации проявлены практически во всех минерализованных зонах, в особенности в структуре рудного тела № 1. Минеральная ассоциация контролируется субмеридиональными зонами разрывных нарушений, секущих вмещающие терригенные породы продуктивной кзвеевской свиты, обогащенной углеродом. Последний представлен как в самородной, так и в карбонатной форме. Рудные тела вмещаются трещинами скалывания, представленными линейными зонами смятия и дробления, висячий контакт обычно представлен зеркалом скольжения с глиной трения. Пирит и арсенопирит образуют тонкую вкрапленность, иногда выполняют кварц-сульфидные жилы и прожилки в березитизированных алевролитах и песчаниках (рис. 7). Из нерудных минералов, кроме кварца, распространены серицит, гидросерицит, карбонаты (кальцит, анкерит и сидерит), каолинит, хлорит, монтмориллонит. Содержание золота в пирит-арсенопиритовой ассоциации резко преобладает над серебром —  $\text{Au} : \text{Ag}$  от 4 до 43 [6].

*Пирит III* развит в основном в тонких кварцевых прожилках и просечках в виде зерен разнообразной морфологии и агрегатов. Облик таких выделений пирита представлен в виде сетчатых, скелетных агрегатов с правильными гранями куба и кубооктаэдра. В березитах вне кварцевых прожилков пирит встречается в виде тонкой и мелкой вкрапленности размером до 0,1 мм, иногда образует скопления размером до первых мм. Формы зерен и агрегатов разнообразны — от округлых изометричных



**Рис. 7. Рудная минерализация золото-сульфидной ассоциации**

*a* — вкрапленность пирита и арсенопирита третьей генерации в гидросерцитовых березитах; *b* — массивные кварц-сульфидные прожилки в углеродсодержащих березитах: Py — пирит, Apy — арсенопирит, Qz-vein — кварц-сульфидные прожилки

**Fig. 7. Ore mineralization of the gold-sulfide association**

*a* — dissemination of pyrite and third-generation arsenopyrite in hydrosericite beresite; *b* — massive quartz-sulfide veinlets in carbonaceous beresite: Py — pyrite, Apy — arsenopyrite, Qz-vein — quartz-sulfide veinlets

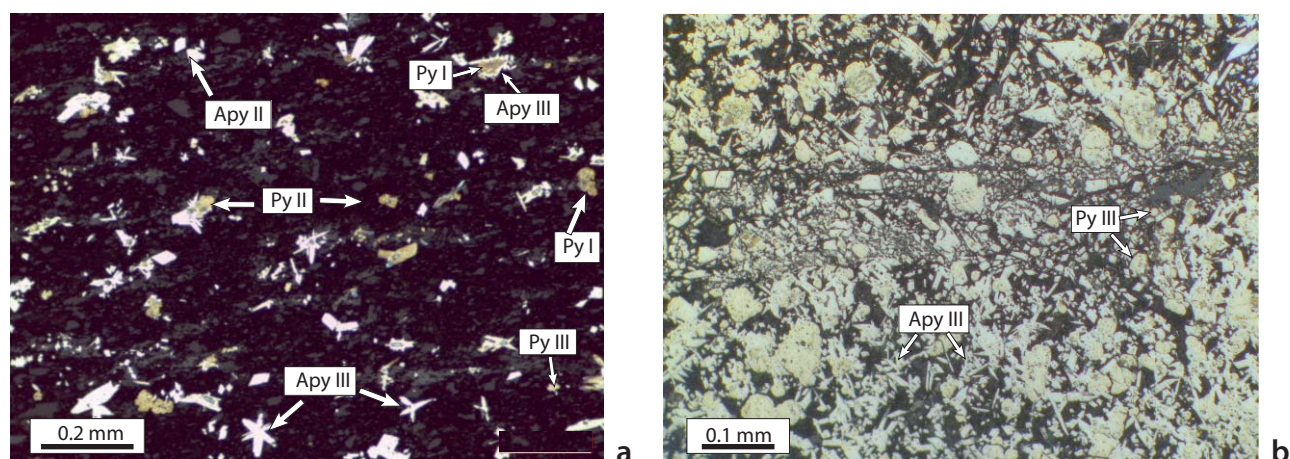
выделений до кристаллов с правильными гранями куба и октаэдра. Часто встречаются срастания с тонкоигльчатым арсенопиритом, образующие скопления минеральных агрегатов размером до первых мм, и кварц-сульфидные прожилки мощностью до 10 см (рис. 8).

Состав пирита продуктивной стадии отличается от стехиометрического, в нем всегда присутствует примесь мышьяка (до 6,8%) (табл. 2). А. В. Волков при микрорентгеноспектральном сканировании пиритов установил, что повышенные содержания мышьяка приурочены к периферии кристаллов и образуют тонкую (1–4 мкм) кайму вокруг них [8].

В пирите продуктивной стадии присутствует золото, содержание которого составляет 25–57 г/т, в то время как в пирите из околорудного пространства — до 4 г/т [9]. По данным А. М. Гаврилова,

среднее содержание золота в пирите составляет 60 г/т [22]. С помощью рентгеноспектрального микроанализа установлено, что содержание золота в пирите может достигать 0,4%, атомно-абсорбционным анализом установлены содержания 1,44–42,74 г/т [1]. А. В. Волков по результатам абсорбционного и нейтронно-активационного анализов выявил содержания золота в пирите от 2,3 до 209 г/т и серебра от 0,3 до 210 г/т [6].

*Арсенопирит III* образует идиоморфные тонкоигльчатые кристаллы удлиненно-призматического облика и их густовкрапленные скопления в друзовидном и жильном кварце, а также в виде вкраплений в обоих типах березитов (рис. 8). Характерно наличие звездчатых тройников. Кристаллики арсенопирита часто располагаются на контакте кварца и березитизированных алевролитов. Размер



**Рис. 8. Микрофотографии в отраженном свете рудной минерализации золото-сульфидной стадии**

*a* — вкрапленность пирита и арсенопирита разных генераций в углеродсодержащих березитах; *b* — густая вкрапленность вплоть до массивной золотоносных пирита и тонкоигльчатого арсенопирита. Условные обозначения сокращений см. на рис. 7

**Fig. 8. Reflected light micrographs of ore mineralization from the gold-sulfide stage**

*a* — dissemination of pyrite and arsenopyrite of various generations in carbonaceous beresite; *b* — impregnation of gold-bearing pyrite and fine acicular arsenopyrite, including its massive type. Fig. 7 presents abbreviated symbols

индивидов составляет в основном сотые доли мм, редко достигая первых мм.

Исследованные микрозондовым анализом зерн арсенопирита III имеют нестехиометрический состав — пересыщены мышьяком, содержание которого достигает 62,6% (табл. 2). Исследованиями Н. С. Бортникова установлено, что содержание железа может меняться в диапазоне 33,5–36,3%, мышьяка — 38,7–46,0%, серы — 20,3–24,5%, а золота — от порога обнаружения до 1,2% (рентгеноспектральный анализ) [1]. Кроме того, по результатам атомно-абсорбционного анализа в незначительных содержаниях обнаружены никель и кобальт; содержание золота может составлять от 182,4 до 1030,0 г/т.

О. А. Толканов отмечает, что в удлинённо-призматическом, игольчатом арсенопирите содержание золота составляет 600–700 г/т, а в изометричном — до 14 г/т [9]. А. В. Волковым микрорентгеноспектральным, абсорбционным и нейтронно-активационными методами анализа определены содержания золота, равные 1,0–1554,0 г/т, в среднем — 320,0–689,0 г/т, серебра — 1,3–880,0 г/т [6; 8]. А. М. Гавриловым проведены специальные исследования рудной минерализации Майского месторождения с применением растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа [22]. Эти исследования позволили выявить на поверхности кристаллов тонкоигольчатого арсенопирита неравномерные, в том числе отдельные кучные скопления округлых включений самородного золота в арсенопирите размером от 0,04 до 0,3 мкм. Расчетная пробность золота составила 1000‰. Вероятно, эти включения являются основной формой нахождения золота в сульфидах Майского месторождения.

Авторами, А. В. Волковым [6; 8] и Н. С. Бортниковым [1], проводилось изучение изотопного состава серы из золотоносных пирита и арсенопирита. Отмечается значительная дифференциация изотопного состава серы в сульфидах продуктивного этапа. Величина  $\delta^{34}\text{S}$  изменяется в диапазоне от –8 до +17‰ (рис. 5), подавляющее большинство измерений находятся в диапазоне от –5 до +8‰. Полученные значения свидетельствуют о смешанной природе серы для изученных сульфидов. Наибольшее число измерений, согласно диаграмме, соответствует глубинному источнику, однако есть отклонения в сторону увеличения доли как легкой (до –8‰), так и тяжелой (до +17‰) серы. Поскольку золотое оруденение значительно удалено от магматического тела (скважинами колонкового бурения на глубине более 1,5 км так и не встречено пород не вскрытого интрузива, а по геофизическим данным оно залегает на глубине более 2,5 км), остаточные растворы магматического очага «прошли долгий путь» к гипсометрическому уровню рудных тел Майского месторождения и «профильировали» колоссальный объем вмещающих пород, и, по-видимому, произошло смешение серы из различных источников. Авторы считают, что гидротермальные растворы магматического происхождения, поднимаясь, растворяли и извлекали из корового субстрата и диагенетических сульфидов серу, тем самым обогащаясь легким и тяжелым изотопом.

**Третий этап** завершает рудообразование на Майском месторождении, для которого наиболее характерным признаком является наличие кварцевых жил с сульфосолюно-полиметаллической минерализацией и кварц-антимонитовых жил с элементами брекчирования и высокопробным свободным золотом. Рудная минерализация этого этапа образует рудный столб и пространственно тяготеет к структуре рудного тела № 1, отчетливо пересекая тонкодисперсные руды [21]. Система кварц-антимонитовых жил до горизонта +185 имеет крутое западное падение (до 90°), которое с глубиной меняется на восточное, тогда как вкрапленное оруденение всегда имеет восточное падение. Рудный столб содержит фрагменты и обломки разного размера (от первых мм до десятков см) углеродсодержащих березитов и пирит-арсенопиритовых руд с тонкодисперсным золотом. В горных выработках кварц-антимонитовая система жил с увеличением глубины имеет тенденцию к уменьшению мощности, на горизонте +80 превращается в систему тонкого прожилкования. Скважинами колонкового бурения рудный столб прослеживается на глубину более 1 км.

Структурно-текстурные особенности взаимоотношения рудных минералов третьего этапа позволяют нам выделить две минеральные ассоциации, последовательно сменявшие друг друга. Первая соответствует сульфосолюно-полиметаллической ассоциации, вторая — кварц-антимонитовой с самородным золотом. Минералы первой ассоциации образуют кварц-сульфидные жилы, пересекающие и брекчирующие вкрапленное золото-сульфидное оруденение. Завершают рудообразование кварц-антимонитовые жилы с видимым золотом, занимающие секущее положение относительно предыдущих ассоциаций.

Минералы сульфосолюно-полиметаллической ассоциации встречаются в кварцевых жилах, парагенетически связанных с дайками риолит-порфиров, и локализуются главным образом в их лежащих боках. В составе ассоциации отмечены минералы висмута, буланжерит, цинкениит, бурнонит, джемсонит, блеклые руды, сульфотеллуриды и другие минералы.

На Майском месторождении из минералов висмута распространены самородный висмут, висмутин, козалиит и галенобисмутит, которые часто образуют взаимные сростания. *Козалиит* является наиболее часто встречаемым минералом этой группы, распространен в кварцевых прожилках в виде зерен неправильной формы с ровными округлыми краями, размером 0,01–0,05 мм. Он часто содержит включения галенобисмутита и сульфотеллуридов висмута. По нашим данным, его химический состав близок к стехиометрическому (табл. 2).

*Самородный висмут* обнаружен в виде микровключений в висмутовых сульфосолях. В нем установлены примеси Ag и Hg [1].

*Бисмутин* наблюдается в сростаниях с висмутовыми сульфосолями, а также в виде самостоятельных выделений в кварце. Формы кристаллов в большинстве случаев изометричные, округлые, размером до 0,1 мм. Бисмутин может содержать примесь

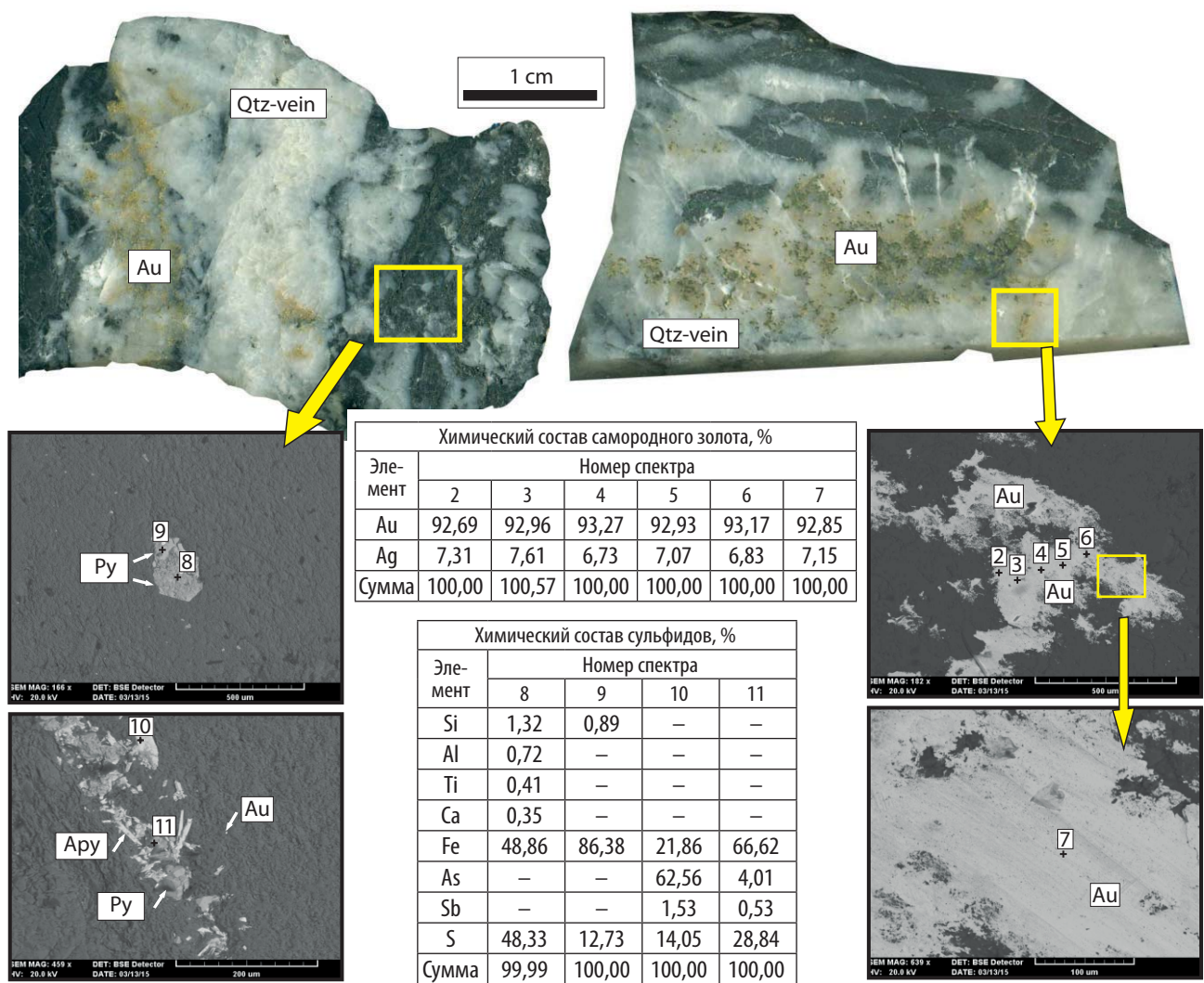


Рис. 9. Характеристика самородного золота из рудного столба Майского месторождения

Условные обозначения сокращений см. на рис. 7

Fig. 9. Native gold characteristics in the Mayskoye deposit ore column

Fig. 7 presents abbreviated symbols

свинца — 5,4% (табл. 2). Кроме того, отмечены: медь (до 0,9%), сурьма (до 0,6%), селен (до 0,4%), а в некоторых анализах ртуть и серебро [1]. Галено-бисмутит встречается достаточно редко, в основном в сростаниях с козаликом и бисмутином, иногда наблюдается в виде отдельных игольчатых кристаллов. В химическом составе отмечается повышенная доля серы (табл. 2), обнаружены примеси сурьмы и селена (первые десятки доли процента), спорадически обнаруживается ртуть (до 0,4%) [1].

Ассоциация сульфоантимонитов свинца в рудах развита достаточно широко, но по объемам проявлена незначительно. В пределах рудного тела № 14 она наблюдается чаще обычного. Сульфоантимониты свинца, среди которых установлены буланжерит, джемсонит, цинкениит, плагионит, а также андорит и бурнонит, развиты преимущественно в ассоциации с галенитом, сфалеритом и блеклыми рудами полиметаллической ассоциации второго этапа, обрастают вокруг и выполняют просечки в последних. Цинкениит и джемсонит иногда образуют

полостчатую структуру, корродируя кристаллы галенита по периферии и залечивая в нем трещинки. Редко наблюдаются их рассеянные отдельные игольчатые выделения в карбонате, иногда занимают интерстиции в кварце. В этой же ассоциации обнаружены андорит, аргентит и золото [1; 6].

Результаты рентгеноспектральных [1] и микрозондовых (табл. 2) анализов этих минералов хорошо пересчитываются на их идеализированные формулы. Сульфоантимониты свинца содержат примеси серебра и небольшое количество золота. Наибольшие концентрации отмечены в цинкениите и джемсоните: серебра — 854–2697 г/т, золота — 0,9–4,8 г/т [6].

Золото-антимонитовая ассоциация является самой поздней в ряду эндогенного рудообразования на Майском месторождении и характеризуется богатым (бонанцевым) оруденением. Основными рудными минералами являются антимонит, блеклая руда, самородный мышьяк и золото. Минерализация завершающей стадии пространственно связана со структурой рудного тела № 1, локализуется

в разрывных нарушениях, образуя жилы выполнения, системы прожилкования, зоны брекчирования.

Антимонит весьма широко распространен в рудах месторождения. Он представлен массивными лучистыми агрегатами, гнездовидными включениями в друзовидном кварце, тонкоигльчатыми выделениями; кристаллы имеют удлиненно-призматический облик. Также встречаются массивные сростания кристаллов антимонита, имеющие «чугунный» облик. Размер кристаллов доходит до 5 см в длину. Характеризуется ярким полисинтетическим механическим и коленчатым двойникованием. Зачастую кристаллы антимонита имеют следы наложенных деформаций: сколы, разрывы, изгибы.

Антимонит, по данным рентгеноспектрального микроанализа [1], содержит 71,6% сурьмы, 27,3% серы и 0,4% мышьяка, что близко к теоретическому составу. В единичных анализах обнаружено 0,4% ртути и 0,7% висмута. Минерал также содержит следовые концентрации серебра, меди, цинка, железа и селена. А. В. Волков отмечает наличие в антимоните золота до 15,0 г/т и серебра 0,4–78,0 г/т [6].

Авторами и Н. С. Бортниковым [1] изучался изотопный состав серы антимонита; значение  $\delta^{34}\text{S}$  сильно дифференцировано, варьирует от  $-10,4$  до  $+1\%$ . Можно предположить о комбинированном источнике серы, получившемся при смешении коровой и магматической компонент.

*Блеклая руда II* наблюдается в виде мелких включений в кварце, часто в сростании с самородным золотом, иногда образует включения в нем. Ее состав существенно отличается от состава блеклой руды I, содержание сурьмы в ней меньше практически в 2 раза, а мышьяка — на порядок выше, содержит заметно больше цинка и меньше железа [1].

*Самородный мышьяк* встречается в рудных телах № 1 и 9, образует рассеянную вкрапленность в кварц-антимонитовых жилах, нарастает на антимонит, часто расположен в непосредственной близости с самородным золотом, но сростаний с последним не обнаружено. Формы кристаллов розетковидные, округлые ксеноморфные. Самородный мышьяк может содержать до 0,5% ртути, до 1,1% сурьмы, до 0,6% серы и до 0,2% селена [1].

*Самородное золото* распределено в кварце в виде интерстициальных прожилков, цементационных выделений в брекчиях, приуроченных к зальбандам; может образовывать сростания с антимонитом и блеклой рудой. Размеры выделений золота колеблются от долей мм до 1–2 мм; формы выделений разнообразны — комковидная, чешуйчатая, петельчатая, округлая, каплевидная, ксеноморфная. По результатам микрозондового анализа (рис. 9) отмечена весьма высокая пробность самородного золота, которая составляет 920–980‰, единственной примесью является серебро (до 7%). В позднем золоте Н. С. Бортниковым отмечена примесь ртути от 0,1 до 1,5%, максимальная концентрация которой выявлена в зернах, ассоциирующих с самородным мышьяком [1]. Кроме того, может присутствовать до 1,2% меди; висмут, селен и теллур в некоторых анализах достигают первых десятых долей процента.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования каменного материала авторами выделены три основных этапа формирования рудной минерализации Майского месторождения, связанных с различными геологическими событиями, происходившими на территории Северо-Востока Российской Федерации. Первый этап отвечает ранней осадочно-гидротермальной системе и в структуре оруденения Майского месторождения является рудоподготовительным. Второй этап — продуктивный, в течение него сформировался основной объем золотого оруденения, связанного с сульфидами. Третий этап завершает рудообразование на Майском месторождении, для которого наиболее характерным признаком является наличие кварцевых жил с сульфосольно-полиметаллической минерализацией и кварц-антимонитовых жил с элементами брекчирования и высокопробным свободным золотом.

Схема эволюции рудного процесса на Майском месторождении выглядит следующим образом:

1. Накопление геохимически специализированных толщ с надкларковыми содержаниями полезных компонентов — железа, меди, свинца, цинка, золота.

2. Заложение разрывных нарушений северо-восточного простирания, складкообразование и региональный метаморфизм зеленосланцевой фации терригенно-осадочных толщ с образованием кварц-пиритовой ассоциации.

3. Формирование магматических очагов и циркуляция вдоль ослабленных зон гидротермально-метасоматических растворов, приведшая к образованию «грейзеновой» и полиметаллической ассоциаций.

4. Внедрение даек различного состава и максимальная активность гидротермально-метасоматических растворов, формирование промышленной пирит-арсенопиритовой минерализации с тонкодисперсным золотом.

5. Образование сульфосольно-полиметаллической и золото-антимонитовой ассоциаций с самородным золотом и мышьяком, предположительно связанных с внедрением эффузивных пород.

Описанная последовательность формирования рудных минеральных ассоциаций не противоречит исследованиям предшественников, а дополняет их [5; 6; 10; 13; 23].

Мнение авторов несколько отличается от исследования, проведенного Н. С. Бортниковым [1], который считает, что формирование золото-сульфидной ассоциации предшествует «грейзеновой» и полиметаллической, так как данная последовательность противоречит температурной зональности эндогенных месторождений, выявленной В. Х. Эммонсом [20]. На наш взгляд, приведенные Н. С. Бортниковым оценки температур формирования флюидов золото-сульфидной ассоциации (350–250 °C) и «грейзеновой» ассоциации (500 °C) также противоречат выводам авторов. В динамике формирования Майского месторождения происходила постепенная декомпрессия и снижение температуры в системе за счет воздымания территории, раскрытия многочисленных трещин и образования горстовой

структуры. В таких условиях логично предположить снижение значений Р-Т условий в системе от раннего этапа к позднему.

На Майском месторождении выделяются три этапа рудообразования. Во время первого этапа сформировались свинцово-цинковая и пирит-арсенопиритовая ассоциации. Второй этап, наиболее продуктивный на золото, отвечает «грейзеновой», полиметаллической и золото-сульфидной ассоциациям. Последняя включает основной объем упорного золота. В течение третьего этапа сформировались сульфосольно-полиметаллическая и золото-антимонитовая минеральные ассоциации, завершившие рудообразование Майского месторождения.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Майское многоэтапное прожилково-вкрапленное золото-сульфидное месторождение (Чукотка, Россия): минералогия, флюидные включения, стабильные изотопы (О и S), история и условия образования / Н. С. Бортников [и др.] // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46, № 6. С. 475–509.
2. Сидоров А. А., Томсон И. Н. Условия образования сульфидизированных черносланцевых толщ и их металлогеническое значение // Тихоокеанская геология. 2000. Т. 19, № 1. С. 37–49.
3. Геолого-генетические модели золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах / Н. К. Курбанов [и др.] // Руды и металлы. 1994. № 2. С. 55–69.
4. Hodgson C. J., Love D. A., Hamilton J. V. Giant mesothermal gold deposits: Descriptive characteristics, genetic model and exploration area selection criteria // Giant ore deposits / Eds. B. H. Whiting, C. J. Hodgson, R. Mason. Littleton, USA : Soc. of Econ. Geol., 1993. P. 157–212. <https://doi.org/10.5382/SP.02.05>.
5. Золоторудные гиганты России и мира / М. М. Константинов [и др.] ; отв. ред. М. З. Зиннатуллин, Ю. В. Прусс. М. : Науч. мир, 2000. 269 с.
6. Волков А. В., Гончаров В. И., Сидоров А. А. Месторождения золота и серебра Чукотки. М. : ИГЕМ РАН ; Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2006. 221 с.
7. Артемьев Д. С. Гранитоиды Майского золоторудного узла (Центральная Чукотка) // Региональная геология и металлогения. 2017. № 69. С. 107–121.
8. Волков А. В., Генкин А. Д., Гончаров В. И. О формах нахождения золота в рудах месторождений Наталкинское и Майское (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 25, № 6. С. 18–29.
9. Толканов О. А. Неоднородность вещественного состава золото-сульфидных руд месторождения Майское, Северо-Восток России // Минералогия. 2019. Т. 5, № 2. С. 69–82.
10. О новом типе углерод-ильменит-сульфидной минерализации негидротермального происхождения / И. Н. Томсон [и др.] // Доклады Академии наук СССР. 1984. Т. 279, № 3. С. 727–730.
11. Новожилов Ю. И., Гаврилов А. М., Сидоров А. А. Серебро в месторождениях вкрапленных сульфидных руд с тонкодисперсным золотом // Геохимия руд месторождения золота и серебра : тр. ЦНИГРИ. Вып. 167. М. : ЦНИГРИ, 1982. С. 60–67.
12. Волков А. В. Золоторудные месторождения Центральной Чукотки (Россия) // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37, № 6. С. 482–499.
13. Новожилов Ю. И., Гаврилов А. М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. М. : ЦНИГРИ, 1999. 175 с.

14. Сидоров А. А., Волков А. И. Уникальный рудный район Чукотки (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. 2001. Т. 20, № 4. С. 3–18.

15. Геохимическая и металлогеническая специализация структурно-вещественных комплексов / Г. С. Гусев [и др.]. М. : ИМГРЭ, 1999. 529 с.

16. Тейлор С. Р., Мак-Леннан С. М. Континентальная кора: ее состав и эволюция / пер. с англ. Р. Н. Соболева, Л. Т. Соболевой. М. : Мир, 1988. 384 с.

17. Goldschmidt V. M. Geochemistry. Oxford : Clarendon Press, 1954. 730 p.

18. Ohmoto H. Stable isotope geochemistry of ore deposits // Stable isotopes in high temperature geological processes : Reviews in mineralogy / Eds. J. W. Valley, H. P. Taylor, J. R. O'Neil. Vol. 16. Washington, DC : Miner. Soc. of America, 1986. P. 491–560.

19. Волков А. В., Сидоров А. А. Уникальный золоторудный район Чукотки. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН ; М. : ИГЕМ РАН, 2001. 180 с.

20. Эммонс В. Х. Изменение первичного оруденения с глубиной / пер. В. Ф. Логачева. М. ; Л. : Геолразведиздат, 1933. 40 с.

21. Артемьев Д. С. Геолого-генетическая модель формирования Майского месторождения и прогнозно-поисковые критерии локализации оруденения майского типа (Чукотка) // Региональная геология и металлогения. 2018. № 74. С. 98–103.

22. Субмикроскопическое золото в сульфидах некоторых месторождений вкрапленных руд / А. М. Гаврилов [и др.] // Советская геология. 1982. № 8. С. 81–86.

23. Сидоров А. А., Волков А. В. Майское золото-сульфидное месторождение вкрапленных руд (Центральная Чукотка) // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология / гл. ред. Д. А. Додин, В. С. Сурков. СПб. : ВНИИОкеангеология, 2002. С. 711–729.

## REFERENCES

1. The Maiskoe multimegastage disseminated gold-sulfide deposit (Chukotka, Russia): Mineralogy, fluid inclusions, stable isotopes (O and S), history and conditions of formation / N. S. Bortnikov [et al.]. *Geology of Ore Deposits*. 2004; 46 (6): 409–440. (In Russ.).
2. Sidorov A. A., Tomson I. N. Conditions of origin for black shale complexes and their metallogenic implication. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2000; 19 (1): 37–49. (In Russ.).
3. Geological-genetic models of gold deposits in carbonaceous terrigenous complexes / N. K. Kurbanov [et al.]. *Ores and Metals*. 1994; (2): 55–69. (In Russ.).
4. Hodgson C. J., Love D. A., Hamilton J. V. Giant mesothermal gold deposits: Descriptive characteristics, genetic model and exploration area selection criteria. *Giant ore deposits* / Eds. B. H. Whiting, C. J. Hodgson, R. Mason. Littleton, USA: Soc. of Econ. Geol.; 1993. P. 157–212. <https://doi.org/10.5382/SP.02.05>.
5. Gold giants of Russia and the world / M. M. Konstantinov [et al.]; Publ. Ed. M. Z. Zinnatullin, Yu. V. Pruss. Moscow: Sci. World; 2000. 269 p. (In Russ.).
6. Volkov A. V., Goncharov V. I., Sidorov A. A. Deposits of gold and silver in Chukotka. Moscow: IGE M RAS; Magadan: NEISRI FEB RAS; 2006. 221 p. (In Russ.).
7. Artemiev D. S. Granitoids Mayskoye gold cluster (Central Chukotka). *Regional Geology and Metallogeny*. 2017; (69): 107–121. (In Russ.).
8. Volkov A. V., Genkin A. D., Goncharov V. I. The forms of the presence of gold in the ores of the Natalka and May deposits (Northeast Russia). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2007; 25 (6): 18–29. (In Russ.).
9. Tolkanov O. A. Heterogeneous composition of gold-sulfide ores from the Maiskoye deposit, Northeast Russia. *Mineralogy*. 2019; 5 (2): 69–82. (In Russ.).

10. New type of carbon-ilmenite-sulfide mineralization of non-hydrothermal origin. *Doklady Earth Sciences*. 1984; 279 (3): 727–730. (In Russ.).

11. Novozhilov Yu. I., Gavrilov A. M., Sidorov A. A. Silver in deposits of disseminated sulfide ores with fine-grained gold. *Ore geochemistry in gold and silver deposits: TsNIGRI Proc.* Vol. 167. Moscow: TsNIGRI; 1982. P. 60–67. (In Russ.).

12. Volkov A. V. Gold ore deposits of Central Chukotka (Russia). *Geology of Ore Deposits*. 1995; 37 (6): 482–499. (In Russ.).

13. Novozhilov Yu. I., Gavrilov A. M. Gold-sulfide deposits in carbon-terrigenous sequences. Moscow: TsNIGRI; 1999. 175 p. (In Russ.).

14. Sidorov A. A., Volkov A. I. Unique ore district of Chukotka (Northeastern Russia). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2001; 20 (4): 3–18. (In Russ.).

15. Geochemical and metallogenic trend of structural and material complexes / G. S. Gusev [et al.]. Moscow: IMGRE; 1999. 529 p. (In Russ.).

16. Taylor S. R., McLennan S. M. The continental crust: Its composition and evolution. Oxford: Blackwell Sci. Publ.; 1985. 312 p.

17. Goldschmidt V. M. Geochemistry. Oxford: Clarendon Press; 1954. 730 p.

18. Ohmoto H. Stable isotope geochemistry of ore deposits. *Stable isotopes in high temperature geological processes: Reviews in mineralogy* / Eds. J. W. Valley, H. P. Taylor, J. R. O'Neil. Vol. 16. Washington, DC: Miner. Soc. of America; 1986. P. 491–560.

19. Volkov A. V., Sidorov A. A. A unique gold mineral district in Chukotka. Magadan: NEISRI FEB RAS; Moscow: IGEM RAS; 2001. 180 p. (In Russ.).

20. Emmons W. H. Change of primary ore mineralization with depth. Moscow; Leningrad: Geolrazvedizdat; 1933. 40 p. (In Russ.).

21. Artemev D. S. Genetic model of the May deposit and prognostic-search criteria for the localization of mineralization of the mayskoye type (Chukotka). *Regional Geology and Metallogeny*. 2018; (74): 98–103. (In Russ.).

22. Submicroscopic gold in sulfides of some disseminated ore deposits / A. M. Gavrilov [et al.]. *Soviet Geology*. 1982; (8): 81–86. (In Russ.).

23. Sidorov A. A., Volkov A. V. The Mayskoye disseminated gold-sulfide deposit (Central Chukotka). *The Russian Arctic: Geological history, minerogenesis, environmental geology* / Chief Eds. D. A. Dodin, V. S. Surkov. St. Petersburg: VNIIOkeangeologia; 2002. P. 711–729. (In Russ.).

---

## Дмитрий Сергеевич Артемьев

Ведущий геолог

ООО «Полюс Геосервис», Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0003-8140-9990>

SPIN-код РИНЦ 6774-9966

Dima\_art@inbox.ru

## Dmitry S. Artemev

Leading Geologist

Polyus Geoservice LLC, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0003-8140-9990>

RSCI SPIN-code 6774-9966

Dima\_art@inbox.ru

## Василий Иванович Леонтьев

Кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора Центра прогнозно-металлогенических исследований

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-7183-4772>

Scopus Author ID 57195316170

ResearcherID P-3351-2017

SPIN-код РИНЦ 4563-2326

vasiliy\_leontiev@karpinskyinstitute.ru

## Vasilii I. Leontev

PhD (Geology and Mineralogy),

Deputy Head,

Centre of Predictive Metallogenic Studies

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-7183-4772>

Scopus Author ID 57195316170

ResearcherID P-3351-2017

RSCI SPIN-code 4563-2326

vasiliy\_leontiev@karpinskyinstitute.ru

---

**Вклад авторов:** Артемьев Д. С. — определение концепции, разработка методологии, проведение исследования, работа с данными, создание графиков, схем, иллюстраций, написание черновика рукописи.

Леонтьев В. И. — администрирование проекта, пересмотр и редактирование рукописи.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** Artemev D. S. — conceptualization, methodology, investigation, data curation, visualization, original draft.

Leontev V. I. — project administration, review and editing.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 17.11.2025

Одобрена после рецензирования 12.12.2025

Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 17.11.2025

Approved after reviewing 12.12.2025

Accepted for publication 22.12.2025

Научная статья

УДК 553.81(571.56)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_130-147

**Новые перспективы  
коренной алмазности  
Намана-Синского района,  
Республика Саха (Якутия)****Г. А. Козлов<sup>1</sup>✉, Б. А. Калмыков<sup>2</sup>, А. А. Трусов<sup>2</sup>,  
Д. И. Гилязов<sup>1</sup>, А. В. Осипов<sup>3</sup>, В. И. Леонтьев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия, [gleb\\_kozlov@karpinskyinstitute.ru](mailto:gleb_kozlov@karpinskyinstitute.ru)✉

<sup>2</sup> Акционерное общество «Геофизическое научно-производственное предприятие «Аэрогеофизика», Москва, Россия

<sup>3</sup> Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, Москва, Россия

**Ключевые слова:** алмазы, Чаро-Синская зона, кимберлитовое поле, Южная Якутия

**Благодарности:** авторы выражают благодарность Е. Л. Грузовой, О. А. Яковлевой из Центральной аналитической лаборатории, сотрудникам отделов: металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых и региональной геологии и полезных ископаемых Севера Сибири Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского, сотрудникам Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов и Вилюйской геологоразведочной экспедиции АК «АЛРОСА» (ПАО), принимавшим участие в полевых работах и обработке материалов, а также А. Ю. Колеснику и А. В. Чумакову за ценные консультации и помощь в обработке материалов.

**Для цитирования:** Новые перспективы коренной алмазности Намана-Синского района, Республика Саха (Якутия) / Г. А. Козлов [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 4. С. 130–147. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_130-147](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_130-147)

**Аннотация.** Приводятся новые данные о перспективах коренной алмазности северо-западной части Алданской провинции (в пределах Чаро-Синской зоны). Описано геологическое строение, характер и особенности различных трансформант и аномальных геофизических полей. Выделенные структуры ранжированы по времени и характеру заложения, а также по кинематике. Среди них определены системы разрывных нарушений, потенциально контролирующее положение объектов ранга кимберлитового поля. Рассмотрены особенности состава тяжелой фракции шлихов, приведены результаты морфологического и микрозондового анализа индикаторных минералов кимберлитов. Все эти данные рассматриваются в качестве критериев и признаков коренной алмазности с моделированием положения потенциального ареала проявления кимберлитового магматизма и потенциальных промежуточных коллекторов. Результаты анализа морфологии, состава, степени сохранности индикаторных минералов кимберлитов площади, а также характера их распространения указывают на приуроченность их ореолов в долинах рек Мырая, Хатыстыр, Марха, Мархачан и др. к единому минералогическому полю северо-восточной ориентировки, в пределах площади развития Чара-Олёкминского сегмента Чаро-Синской зоны. Объекты ранга потенциального кимберлитового поля могут располагаться в зонах сочленения разломов Чаро-Синской зоны с более молодыми сбросо-сдвигами северо-западного простирания в долине р. Намыльдилах.

Original article

UDC 553.81(571.56)

doi:10.52349/0869-7892\_2025\_104\_130-147

**Keywords:** diamonds, Chara-Sinsk zone, kimberlite field, South Yakutia

**New prospects  
for primary diamond potential  
in the Namana-Sinsk region,  
Republic of Sakha (Yakutia)****G. A. Kozlov<sup>1</sup>✉, B. A. Kalmykov<sup>2</sup>, A. A. Trusov<sup>2</sup>,  
D. I. Giliyazov<sup>1</sup>, A. V. Osipov<sup>3</sup>, V. I. Leontev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia, [gleb\\_kozlov@karpinskyinstitute.ru](mailto:gleb_kozlov@karpinskyinstitute.ru)✉

<sup>2</sup> Geophysical Research and Production Enterprise “Aerogeofizika”, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements, Moscow, Russia



© Козлов Г. А., Калмыков Б. А.,  
Трусов А. А., Гилязов Д. И.,  
Осипов А. В., Леонтьев В. И., 2025

**Acknowledgments:** the authors express their gratitude to E. L. Gruzova and O. A. Yakovleva from the Central Analytical Laboratory, staff members of the Department of Metallogeny and Geology of Mineral Deposits and Department of Regional Geology and Mineral Resources of the North of Siberia at the All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, to staff members of the Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements and Vilyuy geological exploration expedition of PJSC "ALROSA", who participated in field work and data processing, as well as to A. Yu. Kolesnik and A. V. Chumakov for valuable recommendations and assistance in data processing.

**For citation:** New prospects for primary diamond potential in the Namana-Sinsk region, Republic of Sakha (Yakutia) / G. A. Kozlov [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (4): 130–147. [https://doi.org/10.52349/0869-7892\\_2025\\_104\\_130-147](https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_104_130-147)

**Abstract.** The paper presents new data of primary diamond potential in the northwestern Aldan province (within the Chara-Sinsk zone). The authors describe the geological structure, pattern, and features of various transformants and anomalous geophysical fields. They all are ranked by time, the occurrence characteristics, and kinematics. There are identified fault systems expected to control the kimberlite field location. The findings specify heavy mineral concentrate sampling, morphological and microprobe analysis data of kimberlite indicator minerals. They are considered as criteria and signs of primary diamond potential, along with modeling the potential area position of kimberlite magmatism and intermediate reservoirs. The data of morphology, composition, preservation rate of kimberlite indicator minerals in the area, as well as their distribution pattern demonstrate that their halos in the Myraya, Khatystyr, Markha, Markhachan, and other river valleys are confined to a single northeastern mineralogical field within the Chara-Olyokma segment of the Chara-Sinsk zone. Here the potential kimberlite field can be located in the articulation area of the Chara-Sinsk zone and younger northwestern strike-slip faults in the Namyldilakh River valley.

## ВВЕДЕНИЕ

Основным источником добычи и поиска алмазов в России является Якутская алмазоносная провинция [1], в пределах которой выявлено более 1100 кимберлитовых тел. Однако многие исследователи обосновывают актуальность вовлечения в поисковые работы новых площадей за ее пределами. С открытием в 2007–2009 гг. юго-восточнее г. Якутск Хомпу-Майского кимберлитового поля<sup>1</sup> [2] значительное внимание привлекла площадь Намана-Синского потенциального алмазоносного района, а именно его западная часть — Чаро-Синская зона, геологическое строение которой аналогично Вилуйско-Мархинской зоне разломов<sup>1</sup> [2–12].

В пределах этой территории до настоящего времени проводились только легкие ревизионные работы, лишь в единичных случаях включавшие мелкообъемное опробование основных водотоков. В результате были установлены слабоконтрастные ореолы минералов-индикаторов кимберлитового магматизма (далее — ИМК), обнаружены два обломка кимберлита в мелкообъемных пробах из фракции –2/+4, а также единичный алмаз в аллювии р. Марха<sup>1</sup> [3; 12].

Следует отметить, что имеющиеся на сегодня региональные глубинные предпосылки для Чаро-Синской зоны считаются благоприятными как для наличия и локализации кимберлитового магматизма девонского возраста, так и для возможности формирования алмазов на глубине [12]. К ним относятся: 1) приуроченность территории к Алданскому гранулитогнейсовому террейну архейского возраста [13]; 2) благоприятная мощность литосферы (140–150 км), предположительно деламинированной в постдевонское время, которой соответствуют области максимального погружения поверхности Мохоравичича (42–44 км); 3) наличие зон размагничения и разуплотнения консолидированной земной коры, выделяемых в магнитном поле и поле силы тяжести, свидетельствующих о повышенной ее проницаемости; 4) низкий уровень теплового потока, с расположением территории в пределах приповерхностной

геотермы 30 мВт/м<sup>2</sup>, вмещающей все алмазоносные кимберлиты Сибирской платформы<sup>2</sup>.

На площади листа известна только одна находка алмаза, выявленная в рамках работ 2000–2003 гг.<sup>3</sup> Алмаз выявлен жирами при просмотре концентрата на базе экспедиции в п. Айхал. Кристалл из класса –2/+1 мм весом 6,9 мг представлен ромбодоэдрием V разновидности (по Ю. Л. Орлову), двойник серого цвета, переполненный включениями графита.

По мнению большинства исследователей, имеющиеся материалы<sup>2</sup> не позволяют отчетливо оконтурить ореолы ИМК и дать достоверную прогнозную оценку территории. По результатам работ НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) и Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (далее — Институт Карпинского) в 2021 г. было высказано предположение об основной кимберлитоконтролирующей роли определенных разрывных нарушений Чаро-Синской зоны северо-восточного простирания, известных как «грабен Бору» — сложной линейной системы сбросов и взбросов девонского заложения, названной по одноименной реке [14; 15].

Дискуссионный характер потенциала коренной алмазоносности обуславливает необходимость полноценного выявления критериев и предпосылок кимберлитового магматизма с применением актуальных методов исследования и детализации положения прогнозируемых кимберлитовых полей.

В 2023–2025 гг. сотрудники Института Карпинского совместно с АО «Геофизическое научно-производственное предприятие «Аэрогеофизика» и Институтом минералогии, геохимии и кристаллохимии

<sup>1</sup> Смелов А. П. Якутия прирастает кимберлитами // Наука из первых рук. 2009. № 2. С. 12–13.

<sup>2</sup> Прогнозирование и поиски коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе: метод. пособие / И. В. Серов [и др.]. Мирный: Алроса, 2020. 155 с.

<sup>3</sup> Отчет о результатах изучения остаточных перспектив коренной алмазоносности Далдынского кимберлитового поля в 2000–2003 гг. / М. Я. Фолисевиц [и др.] // Росгеолфонд, 2003. № 43536.

редких элементов (далее — ИМГРЭ) в рамках работ по оценке изученности территории провели совместные исследования, включавшие шлиховое, в том числе укрупненное опробование аллювиальных отложений, аэрогеофизическую съемку масштабов 1:50 000–1:25 000 с геологическими полевыми маршрутами. В результате были определены потенциальные кимберлитоконтролирующие структуры, выявлены новые находки ИМК в аллювиальных отложениях площади, а также эксплозивные брекчии ультрабазитов. Эти материалы легли в основу данной статьи.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы положены материалы полевых и аэрогеофизических работ 2023–2025 гг., полученные в рамках составления комплекта геологической основы листов Госгеолкарты Р-51-XXVI и Р-51-XXVII. Аэрогеофизические исследования проводились при помощи аэрофизической станции, включающей магнитный, гравиметрический, электромагнитный, гамма-спектрометрические, навигационный, регистрирующий блоки и радиовысотомер. В качестве авианосителя применялся самолет АН-3Т.

Химический состав пород на петрогенные элементы определен рентгеноспектральным флуоресцентным методом (XRF) на приборе ARL-9800 в Центральной аналитической лаборатории Института Карпинского (всего 75 измерений).

Полевые работы включали шлиховое опробование основных водотоков. Объем проб составлял от 40 до 300 л. Собранный материал в процессе камеральной обработки подвергался минералогическим исследованиям: рассеву шлиховых проб по классам крупности и гидросепарации, проведению полуквантитативного минералогического анализа, описанию морфологии минералов, определению состава ИМК с помощью электронно-зондовых исследований и обработке полученных результатов. Пробоподготовка проводилась по стандартной методике в центральных аналитических лабораториях Института Карпинского, Вилюйской геологоразведочной экспедиции АК «АЛРОСА» (ПАО) и ИМГРЭ. Общий объем опробования составил более 603 рядовых (20–40 л) и 85 укрупненных проб (100–300 л).

Изучение состава ИМК произведено методом рентгеноструктурного фазового анализа (1350 измерений) на электронном микроскопе-микроанализаторе модели MV 2300 с энергодисперсионным микроанализатором LINK Pentafet (Oxford Instruments) в Центре изотопных исследований Института Карпинского (аналитик Е. В. Грузова).

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Рассматриваемая территория относится к юго-восточной части Сибирской платформы и характеризуется простым геологическим строением (рис. 1). В строении принимают участие терригенно-карбонатные и карбонатные, в том числе солеродно-лагунные

отложения венд-раннепалеозойского комплекса, полого падающие в северо-западном направлении, вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы среднего–верхнего девона, а также терригенные континентальные и прибрежно-морские отложения ранней юры [14].

К нижнему структурному этажу приурочены породы венд-раннепалеозойского возраста, включающие доломиты, глинистые доломиты, гипсы и ангидриты билирской, юрегинской, нелбинской и эльгянской свит нижнего кембрия, сменяющиеся доломитами, водорослевыми доломитами и мергелями толбачанской свиты и известняками коричнево-серыми олёкминской свиты нижнего кембрия. Выше залегают массивные и брекчиевые доломиты чарской и ичерской свит, водорослевые и брекчиевые доломиты метежерской свиты нижнего–среднего кембрия, доломиты, алевролиты и аргиллиты бордонской, джуктинской, чаргольской свит, а также серые доломиты точильнинской свиты среднего кембрия — нижнего ордовика.

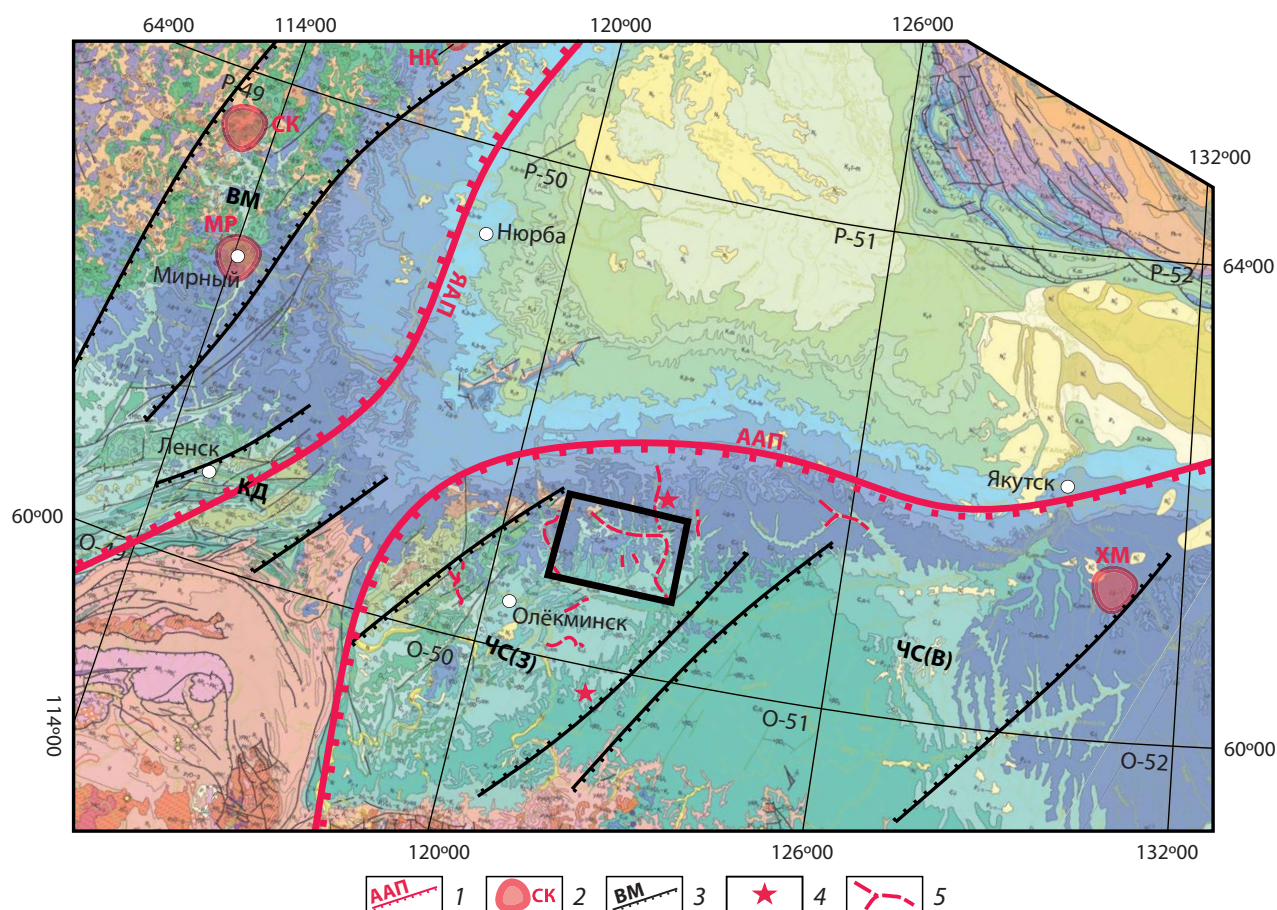
Средний структурный этаж занимают локально развитые в северо-западной части площади базальты, трахибазальты, андезиты, песчаники, алевролиты, гравелиты и иные терригенные и терригенно-карбонатные породы наманинской и хайлахской свит среднего–верхнего девона.

Верхний структурный ярус сложен конгломератами, песчаниками, песками полимиктовыми до мезомиктовых укугутской свиты, плащеобразно перекрывающими породы среднего и нижнего ярусов, развитые на площади.

В структурно-тектоническом плане площадь относится к зоне сочленения трех региональных структур: северо-западного склона Алданской антеклизы, восточного борта Берёзовского прогиба и южного борта Вилюйской синеклизы. Рассматриваемая область в девонско-раннекаменноугольное время была вовлечена в процессы континентального рифтогенеза, приведшего к формированию Палеовилюйской грабен-рифтовой системы [14; 16–19]. Ее образование отразилось не только на общем структурном плане площади, обусловив пологое на востоке и крутое на западе падение породных комплексов чехла платформы при закономерном росте их мощности, но и в формировании покровов вулканитов, систем разрывных нарушений и дайковых комплексов.

Широко развитые на площади дайки чаро-синского комплекса относятся ко 2-й и 3-й фазам внедрения и представлены долеритами, габбро-долеритами, дифференцированными до монцогаббро-долеритов, сиеногаббро и редко до гранодиоритов. Дайки имеют как простой, так и сложный состав. Размещение магматических образований контролируется системами крупных разломов северо-восточного простирания (10–40°). Протяженность магматических тел составляет 1–100 км (максимально до 500 км), мощность — 5–60 м. Позднедевонский возраст чаро-синского комплекса надежно установлен изотопными методами в ряде работ [14; 16; 17].

Как можно увидеть, геолого-структурная позиция площади практически зеркальна таковой



**Рис. 1. Фрагмент карты строения юго-восточной части Сибирской платформы**

1 — контуры алмазоносных провинций: ААП — Алданская, ЯАП — Якутская; 2 — кимберлитовые поля: МР — Мирнинское, СК — Сюльдюкарское, НК — Накынское, ХМ — Хомпу-Майское; 3 — тектонические зоны: ВМ — Вилюйско-Мархинская, КД — Контайско-Джербинская, ЧС(З) — Чаро-Синская, западная ветвь, ЧС(В) — Чаро-Синская, восточная ветвь; 4 — места находки алмазов; 5 — ореолы индикаторных минералов кимберлита в аллювиальных отложениях. Черным прямоугольником отмечена область исследования

**Fig. 1. Fragment of the southeastern Siberian platform structure map**

1 — diamond-bearing province outlines: ААП — Aldan, ЯАП — Yakutsk; 2 — kimberlite fields: МР — Mirny, СК — Syuldyukar, НК — Nakyn, ХМ — Khompu-May; 3 — tectonic zones: ВМ — Vilyuy-Markha, КД — Kontayka-Dzherba, ЧС(З) — Chara-Sinsk, western branch, ЧС(В) — Chara-Sinsk, eastern branch; 4 — diamond discovery locations; 5 — halos of kimberlite indicator minerals in alluvial deposits. The black rectangle indicates the study area

Вилюйско-Мархинского междуречья. Наманинская и хайлахская свиты являются аналогом апаинской и вилюйчанской свит, а широко развитый на площади чаро-синский дифференцированный комплекс — аналогом вилюйско-мархинского дифференцированного комплекса.

Основной объем индикаторных минералов кимберлитов выявлен в аллювии рек Намана и Марха, а также Намыльдилах и Мархачан, дренирующих северо-западный фланг Чаро-Синской зоны разломов [11; 12; 14]. Исходя из данных предшественников, предполагалось продолжение данных ореолов в западном направлении — в среднее течение р. Намыльдилах, а также на север — вверх по течению ее притока р. Бору. Именно на этом участке располагается наиболее выраженная в структурах геологического строения и геофизических данных зона разрывных нарушений северо-восточного простирания с проявленной сбросовой и сдвиговой

кинематикой — так называемый «грабен Бору», которому придается основное кимберлитоконтролирующее значение [12; 14].

Следует отметить, что полевые геологические маршруты позволили установить, что в осевой части зоны грабена на дневной поверхности наблюдается увеличение мощности юрских отложений до 100 м, которые в виде узкой линейной зоны (ширина около 15 км при протяженности до 80 км) обнажаются на дневной поверхности в русле рек Намыльдилах, Бору, Туйодах и их притоков.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявленные особенности геологического строения территории, включая результаты геофизических и минералогических исследований, позволяют по-новому оценить их роль в качестве средне-

и крупномасштабных предпосылок для выявления и локализации ареалов кимберлитового магматизма девонского возраста.

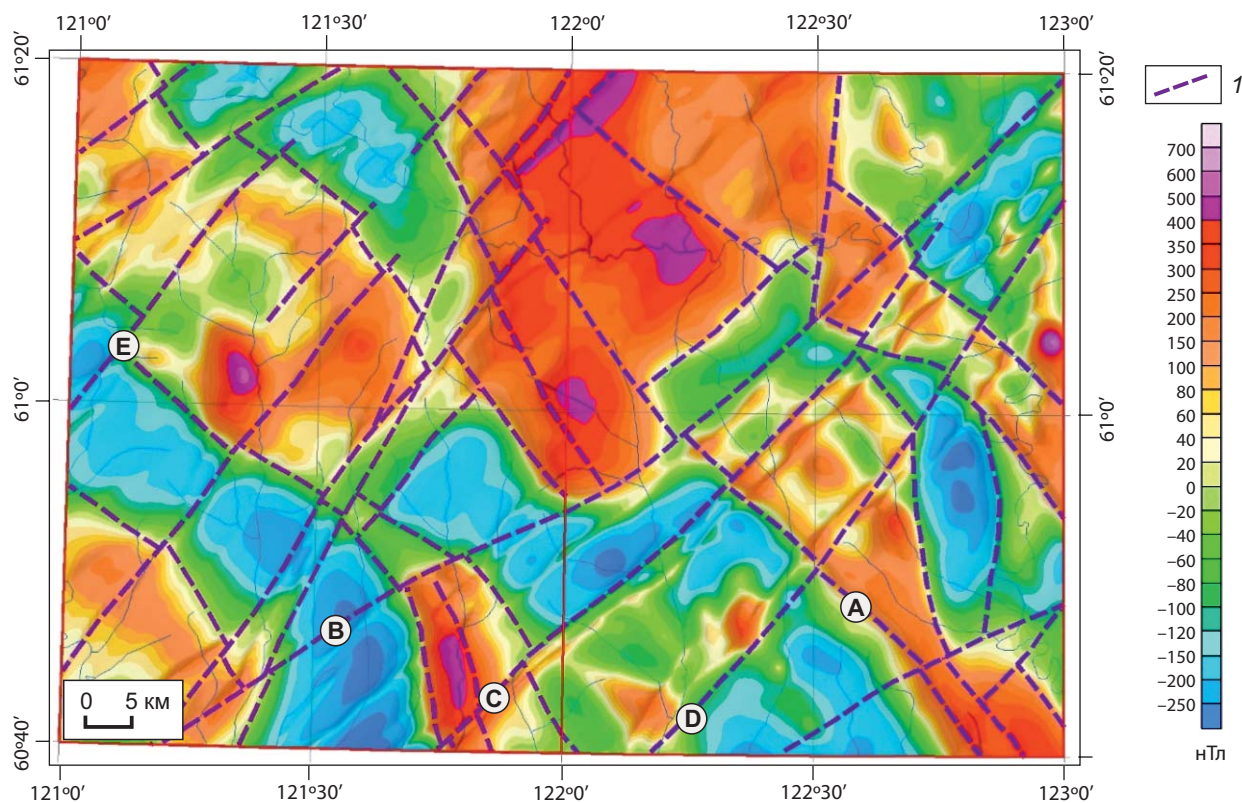
### **Среднемасштабные геофизические предпосылки**

Особенности пространственного размещения и кинематики разрывных нарушений и ассоциированных с ними базитовых интрузивов являются одной из основных составляющих прогнозно-поисковых моделей кимберлитового магматизма, установленных для территории Якутской алмазносной провинции. Во всех применяемых прогнозно-поисковых моделях положение кимберлитовых зон, районов, полей и кустов связывается с зонами глубинных разломов<sup>1</sup> [20] и дайковых роев, формирующих так называемую «базитовую раму». Результаты проведенных аэрогеофизических исследований и анализа дистанционных данных позволили в значительной мере расширить и дополнить представления о геологическом строении территории, в частности — установить значительно более активную проявленность разрывных нарушений и классифицировать их по возрасту и кинематике.

Большинство разрывных нарушений, ранее выделенных по данным сейсморазведки, уверенно отражаются в геофизических полях, маркируя границы блоков фундамента, сложенных породами с разной степенью намагниченности и плотности. Наиболее древние разрывные нарушения, имеющие дофанерозойское заложение, группируются в две системы (рис. 2), обуславливающие общую северо-западную ориентировку структурно-вещественных комплексов фундамента.

В первую очередь, это система крупного Верхне-Амгинского разлома, прослеживаемая на юго-восток вплоть до Алданского щита, и ряд симметричных ей систем разрывных нарушений. Им противопоставлена система разрывных нарушений северо-восточного простирания, включающая Наманинский, Русско-Реченский, Хара-Балыкский и Черепанихский разломы. Данная система нарушений имеет наложенный характер на систему северо-западного простирания, что выражается в проявлении сдвиговых дислокаций.

Потенциально кимберлитолокализирующие разрывные нарушения девонского возраста в большинстве залечены дайками чаро-синского комплекса,



**Рис. 2. Схема интерпретации глубинного строения территории на основе данных магниторазведки**

1 — разрывные нарушения; цветовая подложка — модель аналитического продолжения магнитного поля вверх на 500 м; разломы: А — Верхне-Амгинский, В — Наманинский, С — Русско-Реченский, D — Хара-Балыкский, Е — Черепанихский

**Fig. 2. Deep structure interpretation diagram based on magnetic survey data**

1 — faults; the colored background reflects the model of magnetic field continuation upward by 500 m; faults: A — Verkhnyaya Amga, B — Namana, C — Russkaya Rechka, D — Khara-Balyk, E — Cherepanikha

<sup>1</sup> Прогнозирование и поиски коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе : метод. пособие / И. В. Серов [и др.]. Мирный : Алроса, 2020. 155 с.

в связи с чем весьма отчетливо проявляются в материалах магниторазведки в виде системы линейных магнитных аномалий северо-восточного простирания на всей площади.

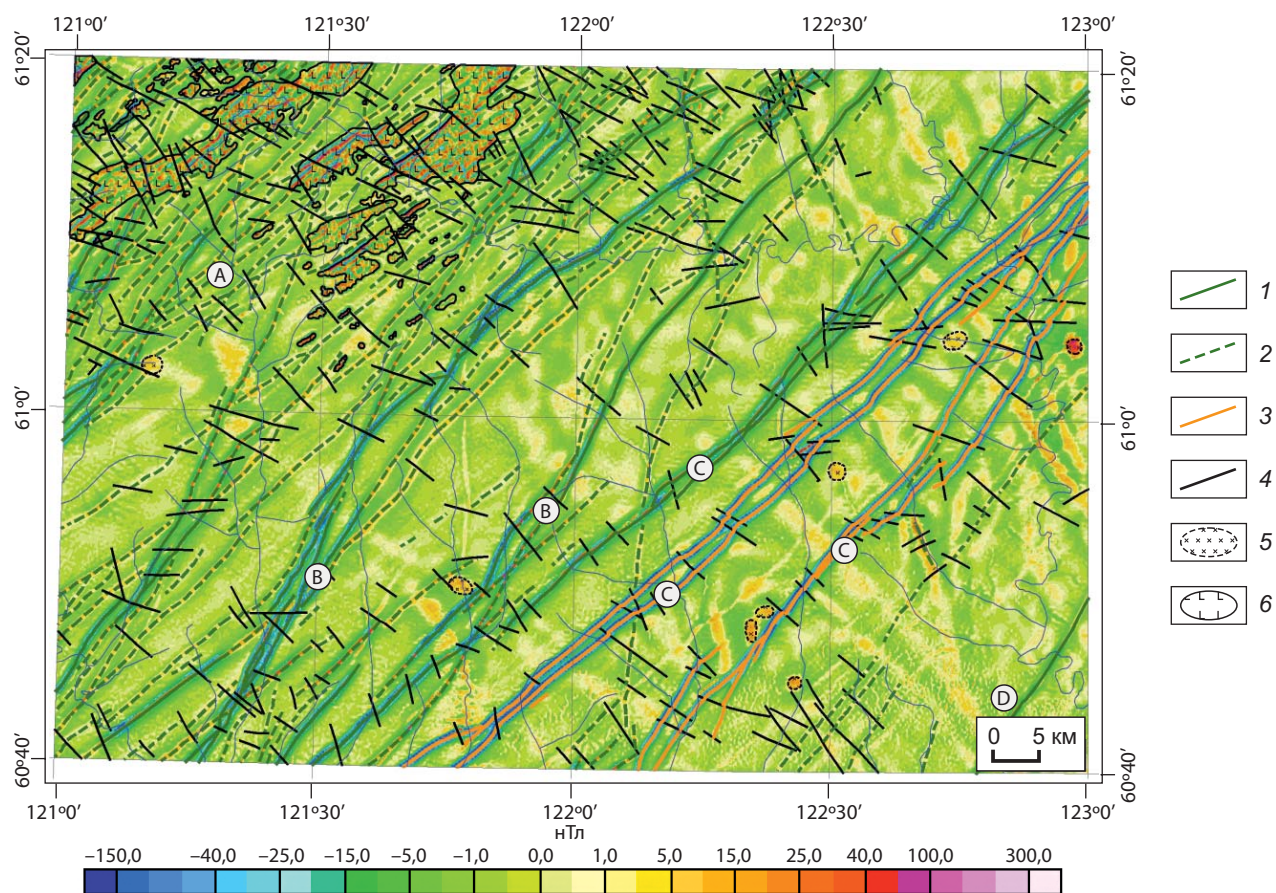
Суммарно выделяется более 45 самостоятельных разломов, проявленных в виде серий линейных структур, преимущественно группирующихся в системы кулисообразных аномалий (сегменты Чаро-Синской зоны), шириной 10–15 км (рис. 3). На северо-западе это Эбе-Тасский сегмент, прослеживаемый в верховьях р. Намыльдилах, Наманинский сегмент, прослеживаемый в устье одноименной реки, Чара-Олёкминский сегмент, прослеживаемый в устье рек Намыльдилах и Туолбачанский сегмент, прослеживающийся в устьевую часть долины р. Марха [14].

Наблюдаются незначительные различия в пространственной ориентировке роев аномалий. При общем северо-восточном простирании под углами 40–45° в центральной части площади, в долине р. Бол. Русская и далее в район р. Бору, отмечаются

три отдельных роя, простирающихся под углами 20–23°, меняющих ориентировку на северо-восточную к району долины р. Намыльдилах.

Такая морфология тел может быть обусловлена тем, что девонские разломы частично наследуют и ремобилизуют структуры фундамента, а именно — группу разломов северо-западного простирания и конседиментационные разломы, заложенные еще при формировании флексурной структуры (Наманинский выступ) в северо-западной оконечности Алданской антеклизы. Кроме того, в локальной составляющей магнитного поля отчетливо проявилась система более молодых разломов субмеридионального простирания в долинах рек Бору и Хороннох, ранее не устанавливавшаяся на площади, также залеченная дайками основного состава, не выходящими на поверхность.

Наконец, на разрывные нарушения Чаро-Синской зоны наложены мелкоамплитудные разломы сдвигового и сбросо-сдвигового характера протяженностью менее 10 км. Учитывая характер



**Рис. 3. Отражение линейных структурно-тектонических элементов в локальной составляющей магнитного поля**

1–3 — разрывные нарушения Чаро-Синской зоны, залеченные позднедевонскими дайками: 1, 2 — дайки с преобладанием долеритов: 1 — близповерхностные, 2 — глубокого залегания; 3 — близповерхностные дайки с преобладанием сиенитов; 4 — разрывные нарушения сдвигового типа; 5 — погребенные штоки сиенитов; 6 — поля базальтов. Сегменты Чаро-Синской зоны: А — Эбе-Тасский, В — Наманинский, С — Чара-Олёкминский, D — Туолбачанский

**Fig. 3. Reflection of linear structural and tectonic elements in the local magnetic field**

1–3 — Chara-Sinsk zone faults filled with the Late Devonian dykes: 1, 2 — dolerite-dominant dykes: 1 — shallow, 2 — deep; 3 — shallow syenite-dominant dykes; 4 — strike-slip faults; 5 — buried syenite stocks; 6 — basalt fields. Chara-Sinsk zone segments: A — Ebe-Tas, B — Namana, C — Chara-Olyokma, D — Tuolbachev

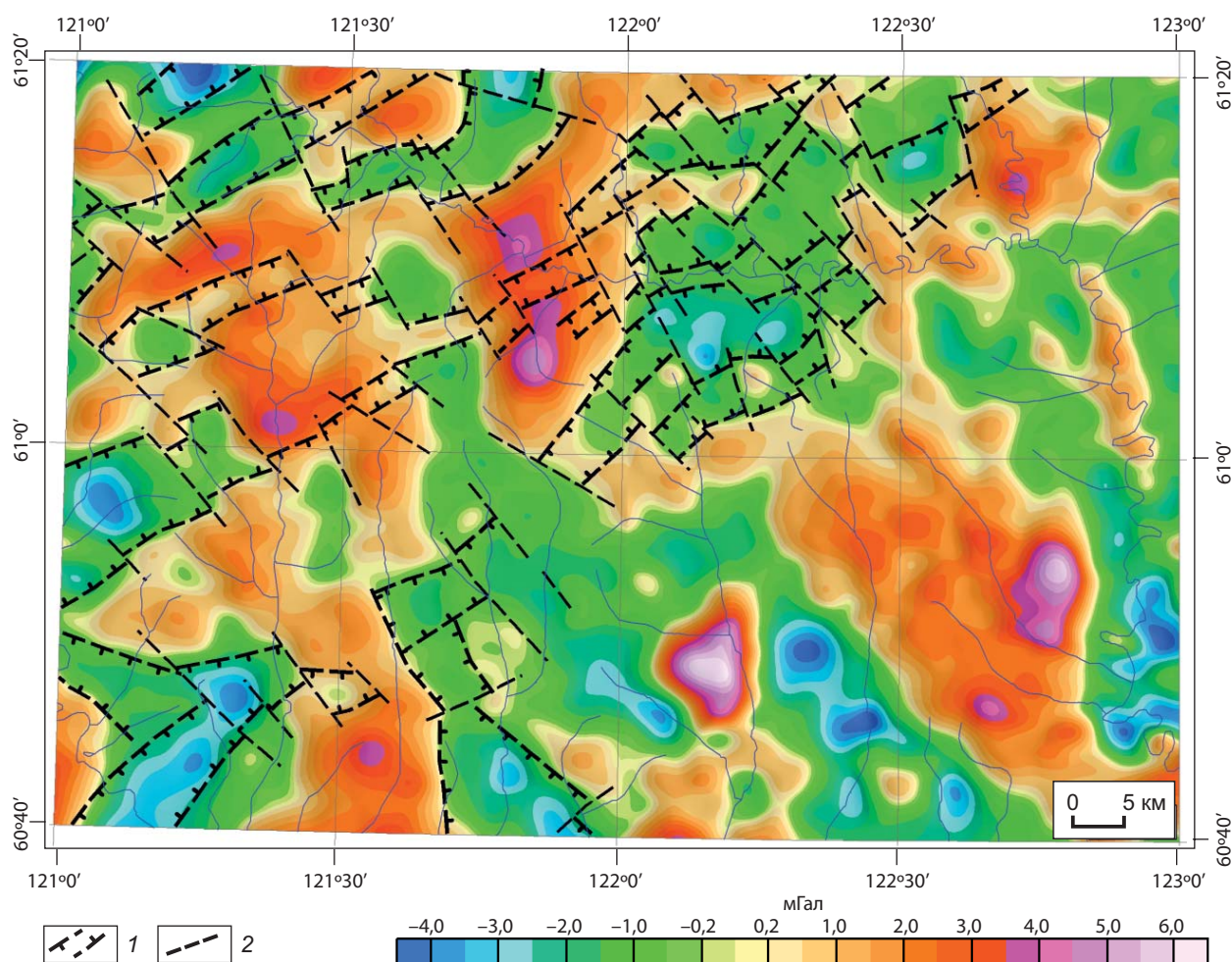


Рис. 4. Положение контуров грабенообразных структур в локальной составляющей поля силы тяжести

1 — контуры грабенообразных структур; 2 — сдвиговые нарушения северо-западного простирания

Fig. 4. Location of graben-shaped structure contours in the local gravity field

1 — graben-shaped structure contours; 2 — northwestern strike-slip faults

глубинного строения и особенности разломной тектоники Накынского и Мирнинского кимберлитовых полей, именно зоны сочленения данных структур контролируют положение кимберлитовых полей и отдельных трубок [15; 18].

«Грабен Бору», который отождествляется со сходными по строению Западным, Параллельным и Центральным грабенами Вилюйско-Мархинской зоны<sup>1</sup> [12; 13], отчетливо выделяется по данным гравиразведки. Он имеет сложный, ступенчатый характер вертикальных перемещений и дислоцирован по системе сдвиговых нарушений северо-западного простирания (рис. 4). Характерно, что эти нарушения коррелируются с аналогичными дислокациями, выделенными по данным магниторазведки, что повышает достоверность интерпретации.

Судя по полученным данным, ось грабена располагается в 10–20 км юго-восточнее, чем это было отмечено на картах предшественников. Ориентировка структур грабена соответствует простиранию Чаро-Синской зоны разломов, что свидетельствует об их парагенетической связи. Грабен имеет весьма

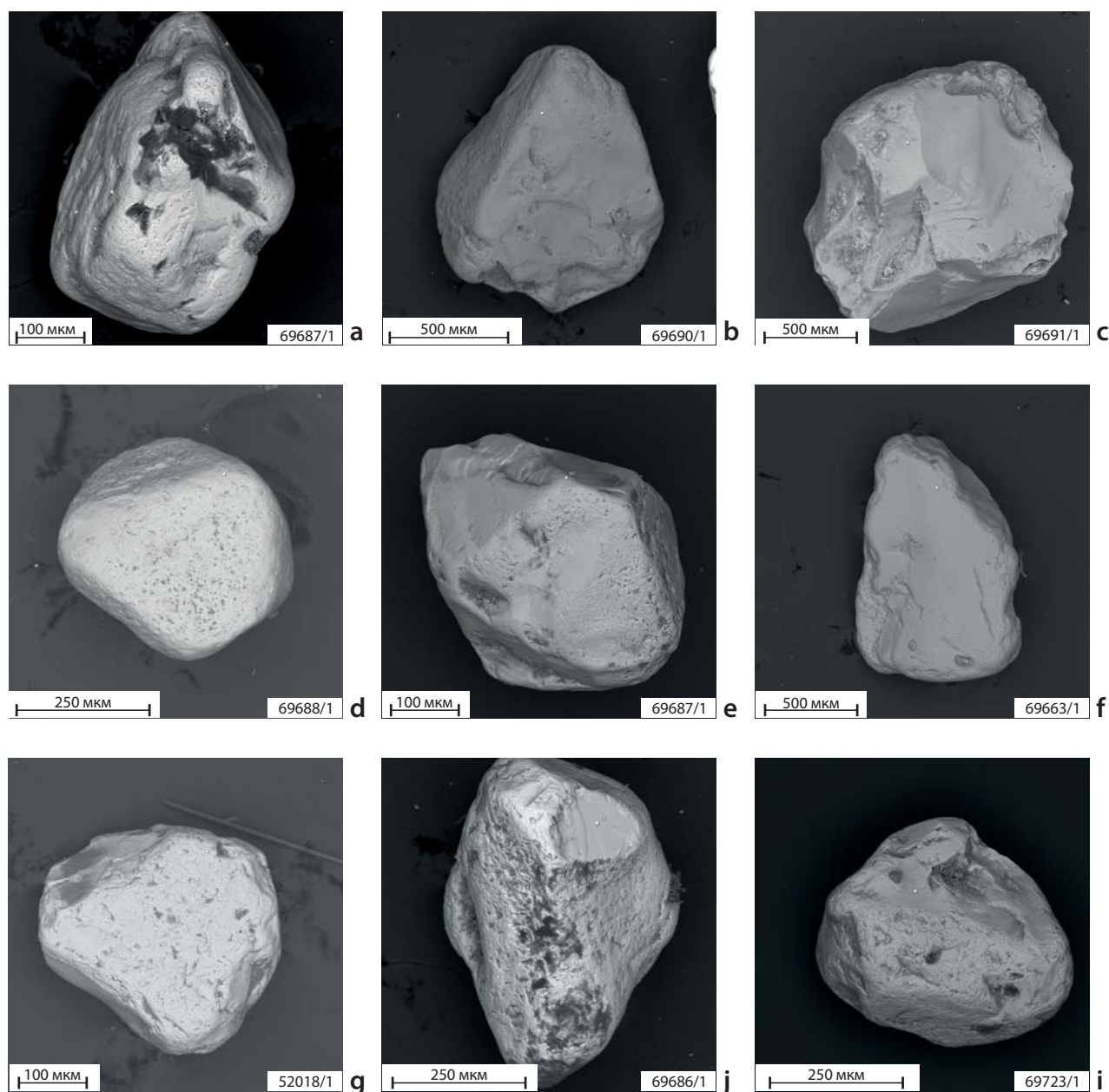
сложную форму, в целом практически не прослеживается к западу от широты 122°, а в наибольшей степени проявлен к югу от долины р. Намыльдилах.

#### Минералогические предпосылки

Область развития ИМК в пределах площади оконтуривается в так называемое Намана-Мархинское минералогическое поле, объединяющее долины рек Намана, Марха, Намыльдилах и Мархачан. ИМК территории характеризуются существенно пироп-хромшпинелид-пикроильменитовой ассоциацией с преобладанием зерен III–IV класса сохранности размером преимущественно менее 1 мм (рис. 5).

Они формируют устойчивые, но разобщенные группы ореолов в аллювии рек Намыльдилах и Марха, где ореол разделяется на две сходящиеся ветви. В целом корни данных ореолов пространственно тяготеют к зоне «грабена Бору», однако на участках,

<sup>1</sup> Прогнозирование и поиски коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе: метод. пособие / И. В. Серов [и др.]. Мирный: Алроса, 2020. 155 с.



**Рис. 5. Электронные микрофотографии индикаторных минералов кимберлитов Чаро-Синской зоны**

*a–c* — пиропы; *d–f* — пикроильмениты; *g–i* — хромшпинелиды

**Fig. 5. Electron micrographs of the Chara-Sinsk zone kimberlite indicator minerals**

*a–c* — pyrope; *d–f* — picroilmenite; *g–i* — chromspinelide

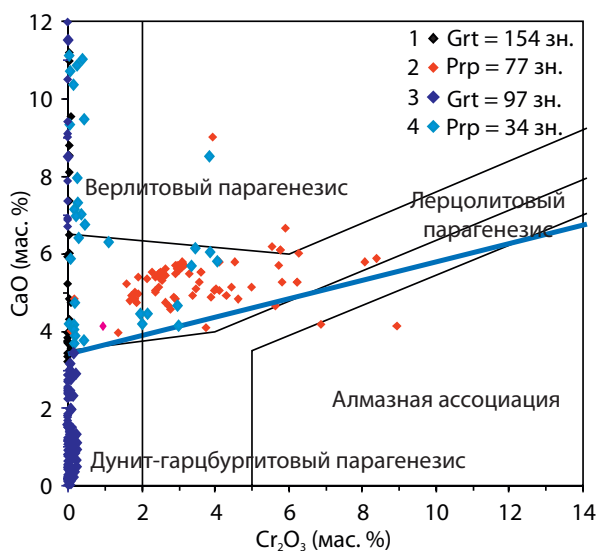
где реки дренируют данную структуру, аллювий на ИМК не опробовался.

Все изученные минералы характеризуются сходной морфологией. *Пиропы* представлены в основном фиолетовыми и лиловыми разновидностями. Зерна имеют изометричную, неправильную форму, размеры их до 1 мм. Из первичных поверхностей встречаются матированная и ямчатая, реже шероховатая. У 40 % зерен отмечаются реликты первичной поверхности кристаллов со следами растворения в виде углублений и ямок.

Келифитовые каймы — оторочки радиально-лучистого строения, образующиеся при воздействии

на гранат флюидонасыщенного кимберлитового расплава, — в большинстве случаев отсутствуют. Для большей части зерен характерен IV–III класс окатанности при единичных зернах II класса в виде изношенных разновидностей со сглаженными углами и ребрами, овальной или неправильной формой и тонкошероховатой поверхностью со множеством отполированных граней.

*Пикроильменит* представлен зернами изометричной, овальной и неправильной формы размером до 1 мм. Наблюдается он в виде округлых и угловато-округлых, редко остроугольных обломков и целых зерен. Видны остатки первичной бугорчатой



**Рис. 6. Особенности составов гранатов Чаро-Синской зоны (диаграмма Н. В. Соболева)**

Grt — гранат; Prp — пироп

Источник: по [21]; фигуративные точки 1, 2 — по [4; 12]

**Fig. 6. Compositional features of the Chara-Sinsk zone garnet (diagram by N. V. Sobolev)**

Grt — garnet; Prp — pyrope

Source: from [21]; figurative points 1, 2 — from [4; 12]

поверхности (особенно в пробах из аллювия р. Марха), реже — реликты матированных граней. Степень износа также преимущественно III–IV. В ходе работ в пробах из аллювия р. Марха было выявлено значительное количество ильменитов с микропирамидальной поверхностью (типа «ежики») I класса сохранности. Результаты определения состава показали, что они относятся к простым ильменитам.

*Хромшпинелиды* представлены округлыми, реже октаэдрическими зернами, а также зернами неправильной угловатой формы и их обломками размером до 1–2 мм. Весьма редко наблюдались единичные сростки и микрооктаэдрические изношенные зерна. Преобладают октаэдры с сильно закругленными ребрами и вершинами, частично колотые, с гладкой блестящей или слабокорродированной поверхностью. Хромшпинелиды класса –0,25 мм слабоокатанные, с притупленными ребрами и вершинами, поверхность гладкая блестящая или слабокорродированная.

В целом все зерна ИМК имеют «признаки древности» в форме различного, в большей степени среднего износа и гипергенной коррозии после износа, что может свидетельствовать о среднепалеозойском возрасте их коренных источников и длительной истории пребывания в промежуточных коллекторах.

Таким образом, для территории Чаро-Синской зоны разломов за период с 2006 по 2024 г. получены относительно представительные выборки ИМК, для которых выполнен микрорентгеноспектральный анализ, включая 231 пироп, 739 пикроильменитов и 575 хромшпинелидов [12].

В рамках текущих работ нами изучен состав 133 зерен граната, 114 зерен ильменита и 61 зерна хромшпинелида.

Полученные данные в целом сопоставимы с результатами предшественников. В аллювии рек территории распространены гранаты, соответствующие по классификации Н. В. Соболева [21] верлитовому парагенезису (доля в выборке составила 10,8%), лерцолитовому парагенезису (13%) и эклогитовому парагенезису (75%). Гранаты гарцбургитового парагенезиса и его алмазной ассоциации нами не установлены (рис. 6).

*Пикроильмениты* характеризуются широкими вариациями содержания  $\text{TiO}_2$  (от 39 до 56%),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (0,01–4,8%) и умеренными содержаниями  $\text{MgO}$  (от 4 до 15%). На диаграмме  $\text{MgO}/\text{TiO}_2$  (рис. 7, а) большая часть фигуративных точек состава соответствует ильменитам (68 точек), а в поле пикроильменитов кимберлитового типа попадает более 82% точек. На диаграмме  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  (рис. 7, б) подавляющая часть выборки располагается в поле отсутствия сохранности алмазов или их плохой сохранности. В поля значений умеренной и хорошей сохранности попадают только 5 фигуративных точек. При этом следует отметить достаточно высокое содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  относительно  $\text{TiO}_2$  и  $\text{MgO}$  в пикроильменитах площади, ранее не фиксировавшееся предшественниками.

На диаграмме А. Е. Мура и Д. Дж. Шульца с параболой С. Е. Хаггерти [22–24] наблюдается тренд в сторону расположения большей части точек составов пикроильменитов в область восстановительных условий, необходимых для сохранности алмазов (рис. 7, с). Фигуративные точки составов простых ильменитов тяготеют преимущественно к левой ветви «параболы Хаггерти» и к нижней части правой ветви, а также образуют обособленную группу точек, отвечающую низкохромистым и низкомагнезиальным составам.

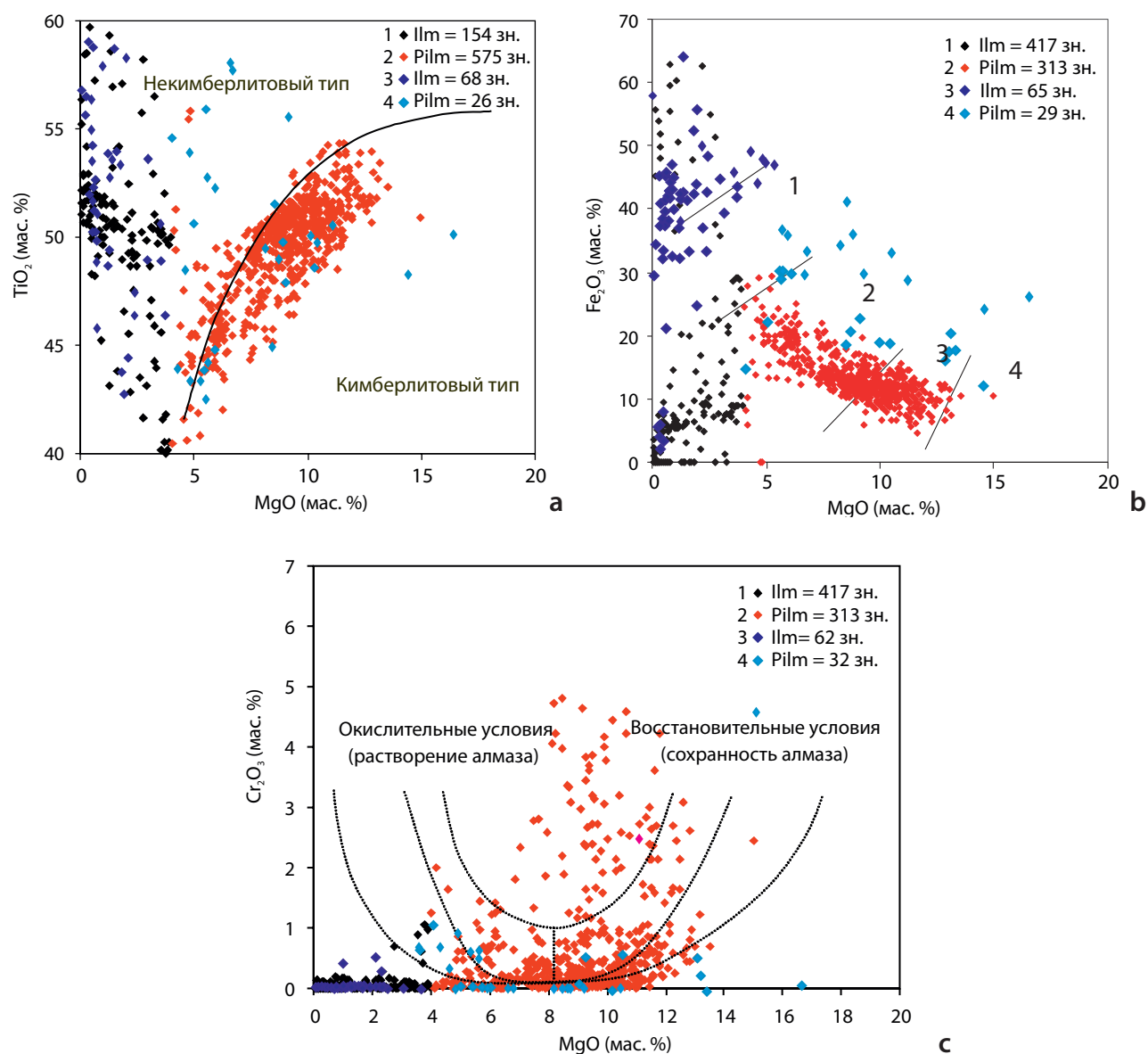
Состав *хромшпинелидов* варьирует в широких пределах: от хромшпинели до высокохромистых пикрохромитов, при этом в основном оставаясь в «некимберлитовых» пределах (рис. 8, 9). На диаграммах Н. В. Соболева [21] видно, что основной объем фигуративных точек состава хромшпинелидов также относится к низкохромистым разновидностям; в область состава, соответствующую алмазной ассоциации, попадают 1,8% фигуративных точек. Большая часть выборки относится к полям хромшпинелевых дунитов и перидотитов, а также пироповых перидотитов и хромшпинелевых дунитов и перидотитов.

На диаграмме Р. Х. Митчелла [26] с полями С. Е. Хаггерти фигуративные точки составов хромшпинелидов в основном располагаются за пределами групп полей, частично располагаясь в поле кимберлитов и меймечитов, а на диаграмме С. Б. Смита [27] три значения из выборки попадают в поля сростков с алмазами, а два — в поле включений в алмазах (рис. 9).

По результатам работ был не только подтвержден характер ореола ИМК в долине рек Марха и Намыльдилах, но и выявлены новые находки на их

притоках и в верхнем течении. Содержание ИМК и разнообразие их состава в целом увеличиваются вверх по течению р. Марха, а также вверх по течению р. Намылдылах к устью р. Бору. При этом важен факт наличия ИМК и в крупных левых притоках р. Марха — реках Куталах, Кусагай-Дойдулах.

Здесь, как и в долине р. Бору, где ореол ИМК оконтурен на всем ее нижнем течении, данные минералы диагностированы впервые. Важно отметить также находку пикроильменита в малом левом притоке р. Бору — р. Соголох, протяженностью менее 10 км. Наибольшие концентрации ИМК выявлены в двух



**Рис. 7. Особенности состава ильменитов Чаро-Синской зоны**

**a** — диаграмма И. П. Илупина, **b** — диаграмма А. Е. Мура и Д. Дж. Шульце, **c** — диаграмма Дж. Герни; поля индексов сохранности алмазов: 1 — алмазы не сохранились, 2 — сохранились плохо, 3 — умеренная сохранность, 4 — хорошая сохранность; Ilm — ильменит, Pilm — пикроильменит

Источник: **a** — по\*, **b** — по [22–24], **c** — по [25]; фигуративные точки 1, 2 — по [4; 12]

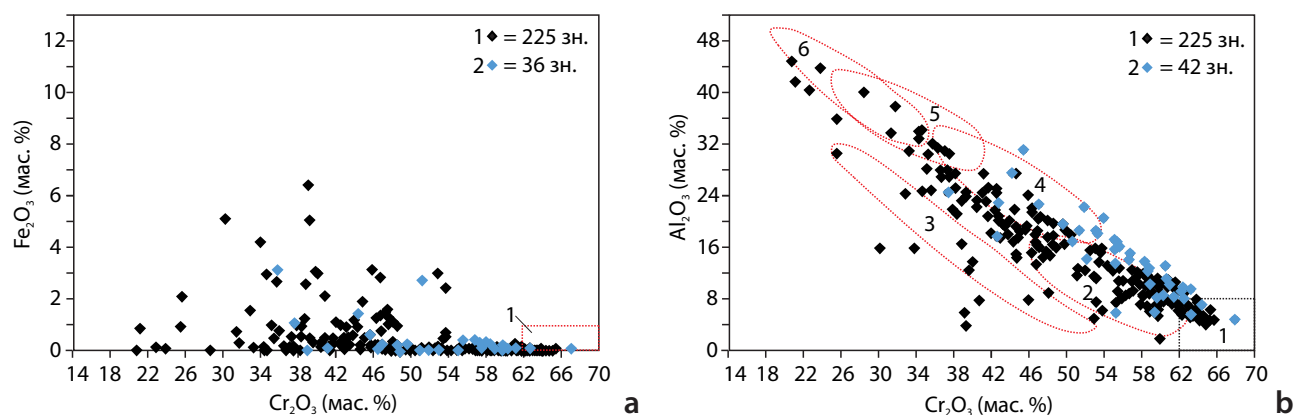
**Fig. 7. Compositional features of the Chara-Sinsk zone ilmenite**

**a** — diagram by I. P. Ilupin; **b** — diagram by A. E. Moore and D. J. Shultze; **c** — diagram by J. Gurney; fields of diamond preservation indices: 1 — not preserved, 2 — poorly preserved, 3 — moderately preserved, 4 — well preserved; Ilm — ilmenite, Pilm — picroilmenite

Source: **a** — from\*\*, **b** — from [22–24], **c** — from [25]; figurative points 1, 2 — from [4; 12]

\* Илупин И. П., Ваганов В. И., Прокопчук Б. И. Кимберлиты : справ. М. : Недра, 1990. 248 с.

\*\* Ilupin I. P., Vaganov V. I., Prokopchuk B. I. Kimberlites: Handbook. Moscow: Nedra; 1990. 248 p.



**Рис. 8. Особенности состава хромшпинелидов Чаро-Синской зоны**

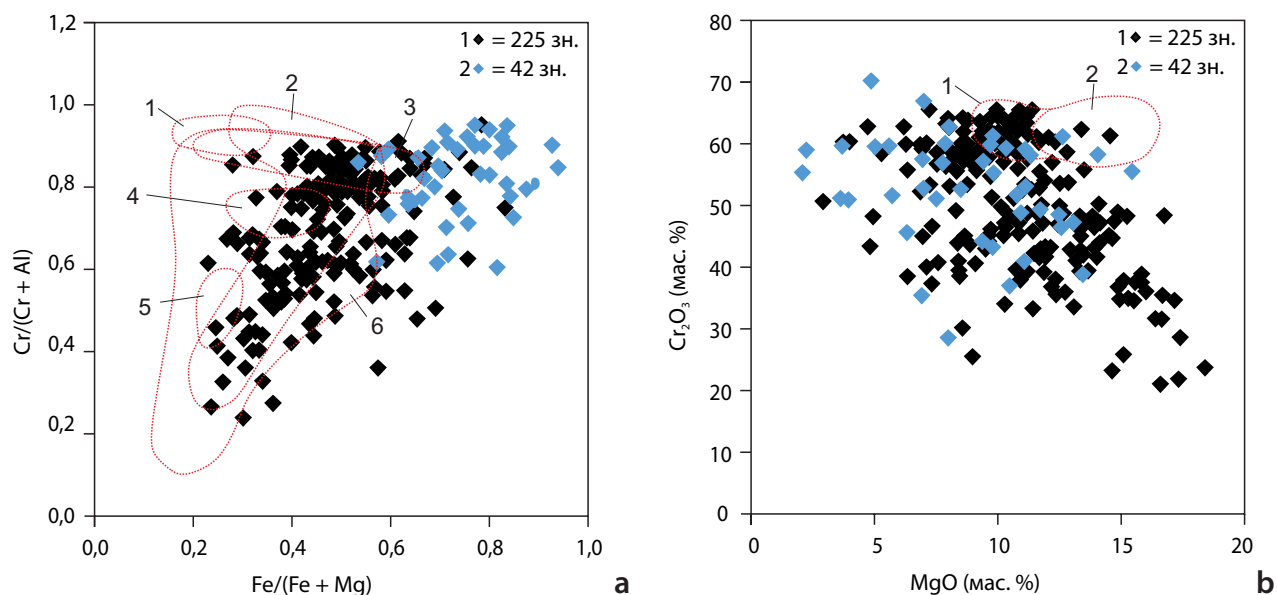
**a, b** — диаграммы Н. В. Соболева; **1–6** — фации хромшпинелидов по типу геологической обстановки: **1** — алмаз-хромпироповая фация; **2** — коэситовая фация (пироповые перидотиты и хромшпинелевые дуниты и перидотиты); **3, 4** — гроспидитовая фация: **3** — пироповые перидотиты, **4** — катаклазированные хромшпинелевые дуниты и перидотиты; **5** — шпинель-пироповая субфация (гранатизированные шпинелевые лерцолиты); **6** — шпинель-пироксеновая фация (шпинелевые лерцолиты и дуниты)

Источник: **a, b** — по [21]; фигуративные точки **1** — по [4; 12]

**Fig. 8. Compositional features of the Chara-Sinsk zone chromespinelide**

**a, b** — diagrams by N. V. Sobolev; **1–6** — chromespinelide facies by the geological activity types: **1** — diamond and chrome-pyropite facies; **2** — coesite facies (pyrope peridotite and chromespinelide dunite and peridotite); **3, 4** — grosspyrite facies: **3** — pyrope peridotite, **4** — cataclastic chromespinelide dunite and peridotite; **5** — spinel-pyropite subfacies (garnetized spinel lherzolite); **6** — spinel-pyroxene facies (spinel lherzolite and dunite)

Source: **a, b** — from [21]; figurative points **1** — from [4; 12]



**Рис. 9. Особенности состава хромшпинелидов Чаро-Синской зоны**

**a** — диаграмма Р. Х. Митчелла с полями по С. Е. Хаггерти, поля: **1** — включения в алмазах, **2** — кимберлиты, **3** — меймечиты, **4** — коматииты, **5** — базальты срединно-океанических хребтов, **6** — ксенолиты из кимберлитов; **b** — диаграмма С. Б. Смита, поля: **1** — сростки с алмазами, **2** — включения в алмазах

Источник: диаграммы: **a** — по [22; 26], **b** — по [27]; фигуративные точки — по [4; 12]

**Fig. 9. Compositional features of the Chara-Sinsk zone chromespinelide**

Diagram **a** — by R. H. Mitchell, with fields from S. E. Haggerty included, fields: **1** — inclusions in diamond, **2** — kimberlite, **3** — meimechite, **4** — komatiite, **5** — mid-ocean ridge basalt, **6** — kimberlite xenolith; diagram **b** — by S. B. Smith, fields: **1** — diamond intergrowths, **2** — inclusions in diamond

Source: diagrams: **a** — from [22; 26], **b** — from [27]; figurative points — from [4; 12]

точках в долине р. Намыльдилах: в устье р. Чабычтах и в районе устья р. Тойон-Уялах.

Выше по течению шлиховой ореол ИМК, хотя и остается непрерывным, но резко обедняется. Преобладающим ИМК в аллювии выступает пикроильменит, содержание которого повсеместно превалирует над пиропом и хромшпинелидом, за исключением района устья р. Тойон-Уялах, где в пробах выявлено более 100 зерен хромшпинелида.

Однако абсолютно новые данные получены по результатам анализа проб из аллювия рек Хара-Балык, Илин-Юрях и Улахан-Улэбир, не относящихся к водосбору р. Марха, где ИМК также были выявлены впервые. По характеру, степени окатанности и особенностям состава они полностью сопоставимы с таковыми из аллювия рек Бору, Марха и Намыльдилах. При этом в долине р. Хара-Балык выявлены как пикроильмениты (в количестве более 15 зерен на пробу 200 л), так и пиропы с хромшпинелидами. Находки ИМК компактно укладываются здесь в полосу северо-западного простирания, в пределах площади развития дайковых образований Чаро-Синской зоны в долину рек Марха и Мархачан, где также выявлены зерна ИМК и найдены обломки базитовых брекчий и кимберлитов.

### **Магматические предпосылки**

Среди нетрадиционных магматических и геохимических предпосылок и критериев наличия кимберлитового магматизма часто упоминается геохимическая специализация парагенетически связанных с кимберлитами дайковых комплексов на Ti и ряд высокочargedных и редкоземельных элементов (Th, Ta, Hf, Y, Nd, Tb, Gd), характерная для ареала кимберлитового магматизма Вилуйско-Мархинского комплекса<sup>1</sup> [28–30]. Считается, что увеличение содержания данных реперных элементов начинает фиксироваться на расстоянии 10–12 км от кимберлитового тела, достигая максимально отличных от типичных значений величин непосредственно вблизи него [29].

В пределах ареала развития интрузивов чаро-синского комплекса выделяется несколько таких участков: один в Чаро-Ленском междуречье (Эбе-Тасский сегмент), а второй на правобережье р. Лена против устья р. Синяя и у п. Тит-Ары (Усть-Синский и Курумканский сегменты) [12; 14; 17; 31], где содержание TiO<sub>2</sub> достигает от 4,5–5,0 до 10,0 вес. %. Нами в рамках работ проведен анализ состава 75 проб интрузивов чаро-синского комплекса. Содержание TiO<sub>2</sub> в них варьирует от 0,74 до 4,59 вес. % при медианном значении 1,69 вес. %. При этом только в 6 пробах содержание TiO<sub>2</sub> превышает 3,5 вес. %. Все эти пробы приурочены к монцогоббро и кварцевым диоритам дайки Северная в долине рек Хара-Балык и Марха, а также к дайке долеритов в районе устья р. Тойон-Уялах.

Более существенной магматической предпосылкой является наличие в пределах площади обломков вулканогенной брекчий основного состава. Это весьма характерные посткимберлитовые образования, часто встречающиеся в ассоциации с полями кимберлитового магматизма [14; 18; 32; 33],

в частности, в пределах Накынского кимберлитового поля. Выявленные микробрекчий на 70 % состоят из обломков и на 30 % из матрикса. В составе обломков преобладают обломки слабо раскристаллизованного вулканического стекла с гиалопорфировой текстурой, мелко-среднезернистыми фенокристаллами плагиоклаза (An<sub>49–72</sub>), реже разложенных пироксенов и железистого оливина. Черная стекловидная масса обломков цементируется схожей по составу, но бурой, интенсивно измененной стекловатой массой с мелкими лейстами игольчатого плагиоклаза, местами полностью замещенной хлорит-гидрослюда с карбонатом массой, отчего матрикс имеет насыщенный зеленый оттенок.

Развалы данных пород встречаются в пределах зоны Чара-Олёкминского сегмента близ устья р. Уот-Уоттор, в восточной части площади, почти в 40 км к юго-востоку от площади «грабена Бору». Породы в целом интенсивно ожелезнены. По содержанию петрогенных оксидов они соответствуют полю щелочных пикробазальтов.

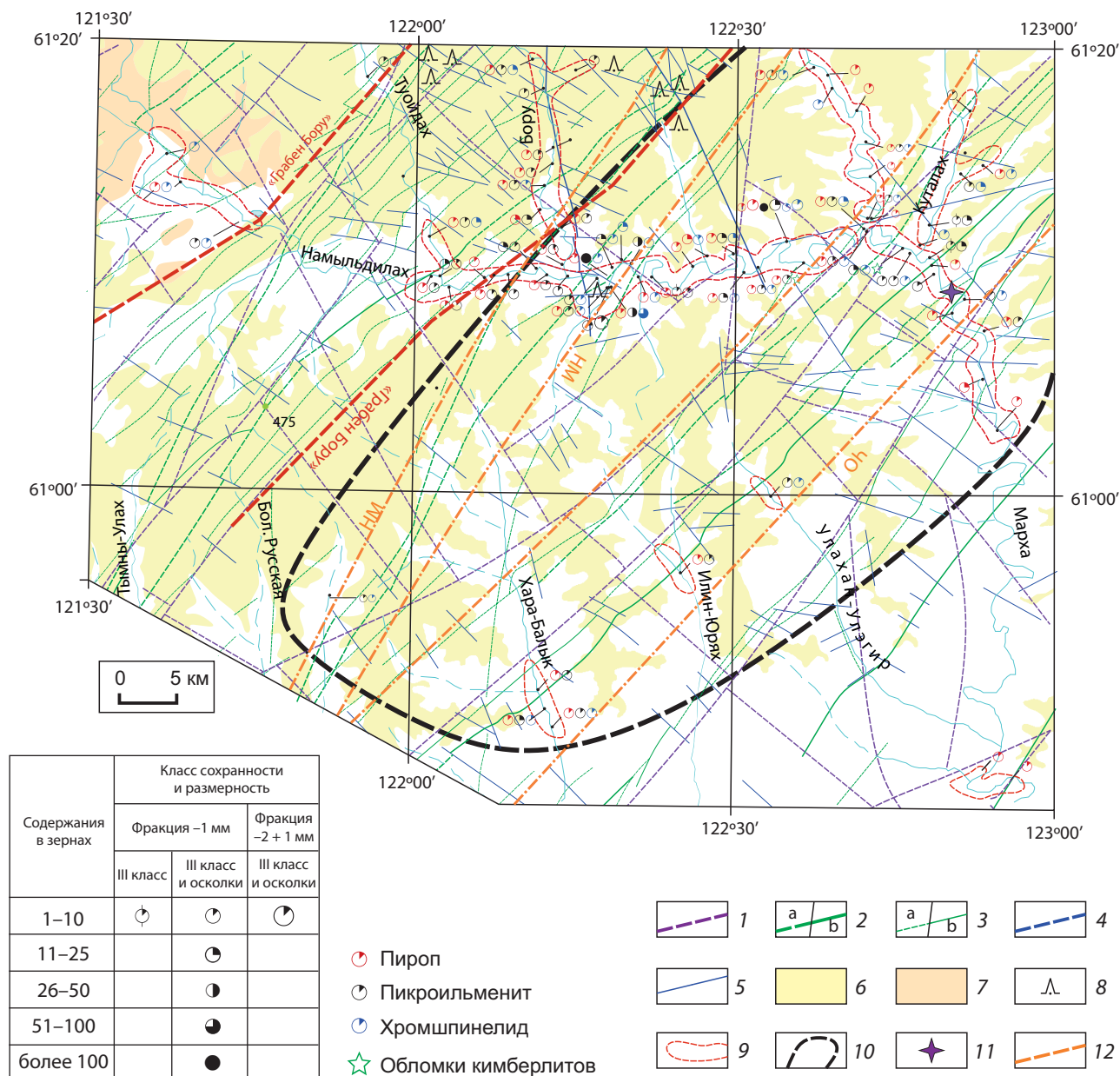
Стоит также отметить широкое развитие брекчий и прожилков кварц-кремнисто-карбонатного состава в объеме нижнепалеозойских осадочных породных комплексов, находки которых пространственно сопряжены с зонами разломов Чаро-Синской зоны, однако флюидоразрывной характер их происхождения и парагенетическая связь с процессами кимберлитового магматизма остаются неоднозначными.

### **ОБСУЖДЕНИЕ**

Полученные данные позволяют предположить, что кимберлитоконтролирующая роль «грабена Бору» как структуры, выраженной в рельефе [12] как в юрских, так и в палеозойских породах, не столь однозначна. Результаты ранее проведенных на площади работ, в том числе временные разрезы, показывают, что зоне грабена соответствует участок с резким ростом мощности юрских отложений (при этом доюрских породных комплексов старше верхнедевонских на площади не выявлено).

Как и предполагалось, ореол ИМК в аллювии р. Намыльдилах и р. Бору действительно прослеживается вверх по течению на десятки километров в зону грабена, однако при переходе в его контуры содержание зерен ИМК в аллювии падает до единичных значений, а в интервале течения р. Намыльдилах от устья р. Туойдах и далее на восток в полосу грабена данные минералы перестают фиксироваться (рис. 10). Максимальная концентрация ИМК (50–75 и более сотен зерен на пробу) наблюдается в аллювии р. Намыльдилах, непосредственно близ южной границы грабена. С одной стороны, это может быть связано с резкой сменой характера русла реки, где ниже по течению она дренирует раннепалеозойские карбонатные породы. На первом крупном перекаате здесь формируются весьма благоприятные условия

<sup>1</sup> Прогнозирование и поиски коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе : метод. пособие / И. В. Серов [и др.]. Мирный : Алроса, 2020. 155 с.



**Рис. 10. Сводная карта минералогического и структурно-тектонического районирования северо-восточной части Намана-Синского потенциального алмазоносного района**

1 — осевые зоны глубинных разломов дофанерозойского заложения; 2, 3 — основные разрывные нарушения Чаро-Синской зоны: 2 — основные, 3 — второстепенные (a — залеченные дайками, выходящими на поверхность, b — не выходящие на поверхность); 4, 5 — позднепалеозойские сбросо-сдвиговые разрывные нарушения: 4 — главные, 5 — второстепенные; 6 — область развития четвертичных и юрских пород; 7 — область развития девонских вулканогенно-осадочных комплексов; 8 — положение эпицентров потенциальных аномалий трубчатого типа; 9 — контуры ореолов индикаторных минералов кимберлитов в аллювиальных отложениях территории; 10 — площадь, перспективная на выявление объектов ранга кимберлитового поля; 11 — находки ультрабазитовых микробрекций; 12 — потенциальные кимберлитоконтролирующие сегменты Чаро-Синской зоны: ЧО — Чара-Олёкминский, НМ — Наманинский

**Fig. 10. Mineralogical, structural and tectonic zoning integrated map of the northeastern Namana-Sinsk potential diamond-bearing region**

1 — axial zones of the Pre-Phanerozoic deep faults; 2, 3 — main faults of the Chara-Sinsk zone: 2 — major, 3 — minor (a — filled with dyke outcrops, b — incrops); 4, 5 — Late Paleozoic strike-slip faults: 4 — major, 5 — minor; 6 — Quaternary and Jurassic rock development area; 7 — Devonian volcanic-sedimentary complex development area; 8 — potential pipe-type anomaly epicenters; 9 — halo contours of kimberlite indicator minerals in alluvial deposits; 10 — promising area of discovering kimberlite fields; 11 — ultrabasic microbreccia discovery; 12 — potential kimberlite-controlling segments of the Chara-Sinsk zone: ЧО — Chara-Olyokma, НМ — Namana

для концентрации ИМК из множественных промежуточных источников. С другой стороны, концентрации ИМК в аллювии р. Намыльдилах на участке от его устья до устья р. Бору растут ступенчато, достигая максимальных концентраций ниже по течению от устьев небольших северных и южных притоков.

Как уже отмечалось, находки ореолов ИМК вне пределов площади грабена оказались значительными и приурочены к полосе наиболее дифференцированных даек чаро-синского комплекса (Чара-Олёкминский сегмент).

В пределах данного участка также найдены и обломки микробрекций и кимберлитов [12].

Учитывая III–IV класс сохранности ИМК, можно предположить, что «грабен Бору» выполнял роль крупной конседиментационной впадины, заполнявшейся существенно мелкозернистым терригенным материалом ближнего сноса (юрские отложения в данной части территории характеризуются наибольшей степенью перемыва и зрелости).

В условиях преимущественно северного и северо-восточного направлений сноса в нем могли захораниваться продукты разрушения породных комплексов территории, включая потенциальные коренные источники ИМК. При выведении пород грабена на дневную поверхность, с началом широкого

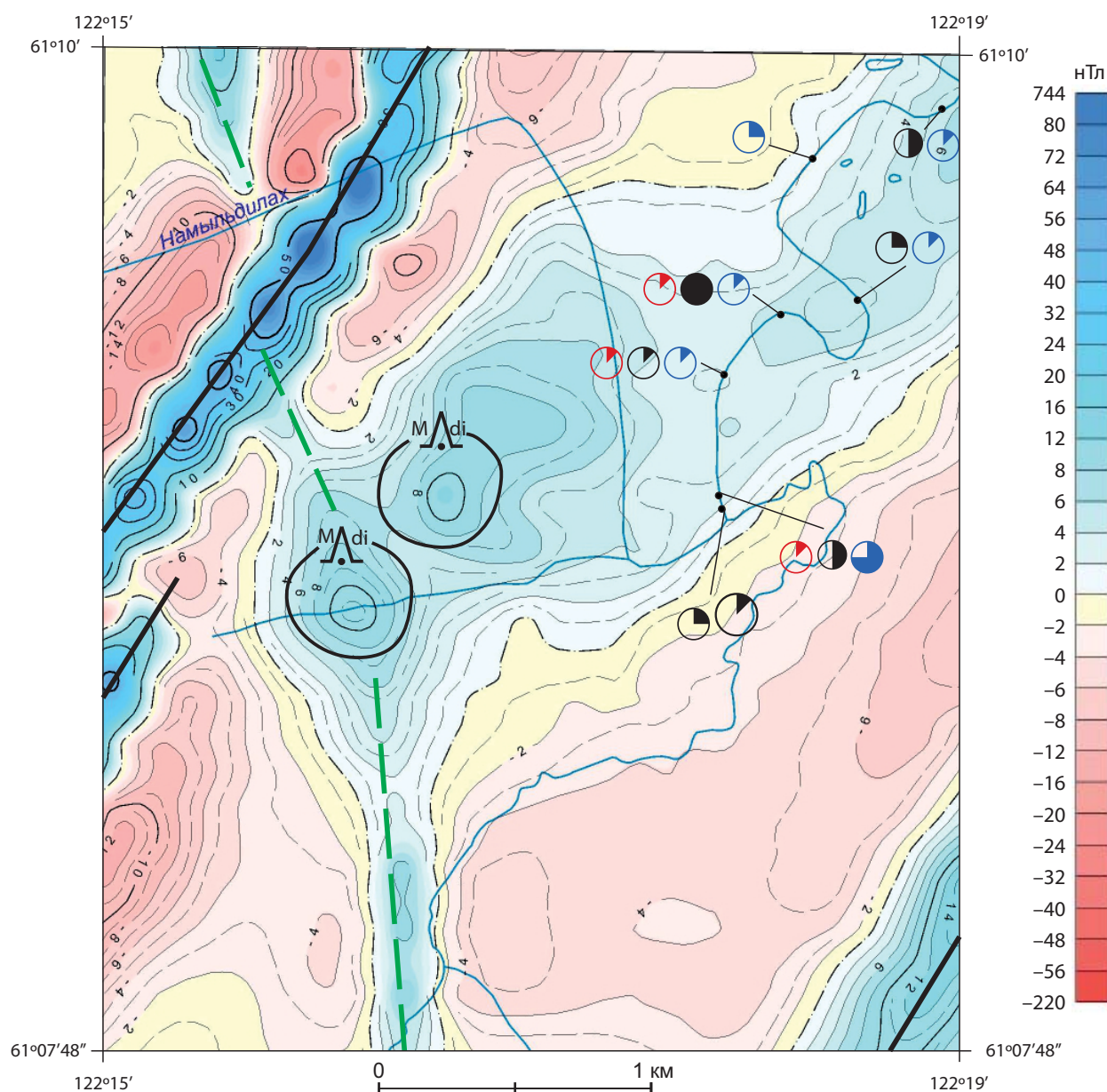


Рис. 11. Фрагмент карты аномального магнитного поля района устья р. Намыльдилах

Условные обозначения к составу и содержаниям индикаторных минералов кимберлитов см. на рис. 10

Fig. 11. Fragment of the anomalous magnetic field map for the Namyldilakh River mouth area

Fig. 10 presents symbols for composition and content of kimberlite indicator minerals

процесса их размыва, ИМК стали поступать из этого промежуточного коллектора в аллювий рек.

Суммируя вышесказанное, можно предположить, что потенциальная область проявления кимберлитового магматизма в пределах площади располагается не в грабене, а в параллельной полосе в 20 км к югу от него; сами трубки в настоящее время перекрыты юрскими отложениями мощностью 5–25 м. Это объясняет положение ореолов ИМК к северо-востоку от площади, в долине р. Мархачан, и к юго-западу, в долинах рек Мырая и Хатыстыр [14].

В таких условиях, в соответствии с прогнозно-поисковыми моделями алмазоносных кимберлитов территории, перспективные к заверке бурением геофизические аномалии будут располагаться в зонах сопряжения разрывных нарушений Чаро-Синской зоны северо-восточного и северо-западного простираний, а также на участках их сопряжения с малоамплитудными сдвигами и сбросо-сдвигами юго-западного простирания. При этом на карте локальной составляющей магнитного поля видно, что поперечные разломы юго-восточного простирания постепенно затухают к долине р. Намыльдилах (рис. 11). В зоне их сочленения фиксируется ряд точечных аномалий интенсивностью до 200 нТл/км. Примечательно, что с этими участками сопряжены локальные повышенные содержания ИМК в аллювии р. Намыльдилах, а магматические породы имеют повышенное содержание  $TiO_2$ .

Таким образом, по результатам исследований могут быть сделаны следующие выводы.

1. В пределах рассматриваемой части Марха-Наманинского района наибольшим потенциалом для выявления кимберлитов девонского возраста обладает площадь Наманинского и Чара-Олёкминского сегментов Чаро-Синской зоны. Наибольшая концентрация аномалий потенциально трубчатого типа приурочена к участкам сопряжения данных тектонических структур с разломами субмеридионального простирания, выявленными в нижнем течении р. Намыльдилах.

2. Состав и морфология ИМК указывают на низкую перспективу выявления богатых алмазами кимберлитовых трубок в пределах площади.

3. «Грабен Бору» в принятых ранее границах является конседиментационной структурой юрского возраста, служившей в качестве локальной ловушки для ИМК при перемыве продуктов разрушения более древних пород на раннеюрском этапе. Выполняющие его юрские отложения выступают в качестве промежуточного коллектора для ИМК на территории.

4. Положение, состав и морфология ИМК в пределах территории аналогичны таковым в долинах рек Мархачан, Мырая и Хатыстыр, что свидетельствует об их принадлежности к единому минералогическому полю.

5. Наиболее перспективной для выявления потенциально алмазоносных кимберлитов является площадь долины р. Намыльдилах и ее притоков — Хоронных, Тойон-Уялах и Эселях, в пределах которых целесообразно проведение детальных поисковых работ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по результатам проведенного комплекса геолого-геофизических работ были значительно дополнены данные о составе индикаторных минералов кимберлитов и предполагаемом положении проявлений кимберлитового магматизма на площади. Выявление нового, второго по счету кимберлитового поля в пределах Намана-Синского алмазоносного района является важной и актуальной задачей. Для ее реализации целесообразно дальнейшее изучение территории на детализированных участках с отбором мелкообъемных, протоочных и шлиховых проб из базального горизонта ранней юры.

Зоны развития основных потенциально контролируемых и локализуемых разломов необходимо заверить геологическими маршрутами на предмет выявления косвенных признаков кимберлитового магматизма (наличие кварц-карбонатных флюидо-разрывных и эруптивных базитовых брекчий). Выделенные перспективные геофизические аномалии следует детализировать наземной геофизикой с точной геопривязкой центра аномалии и дальнейшей заверкой буровыми работами.

Исходя из полученных данных, можно сказать, что вероятность выявления в пределах участка высокоалмазоносной кимберлитовой трубки весьма невелика. Состав выявленных индикаторных минералов кимберлитов также указывает на условия, не совсем благоприятные для формирования и устойчивости зерен алмаза в литосфере. В то же время обнаружение трубок позволит уточнить особенности глубинного строения площади и оценить перспективы алмазоносности смежных участков в долинах рек Мархачан и Синяя, где также прогнозируются кимберлитовые поля девонского возраста.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Проценко Е. В., Толстов А. В., Горев Н. И. Критерии поисков кимберлитов и новые перспективы коренной алмазоносности Якутии // Руды и металлы. 2018. № 4. С. 14–23.
2. Кимберлиты трубки Манчары: новое кимберлитовое поле Центральной Якутии / А. П. Смелов [и др.] // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 1. С. 153–159.
3. Перспективы алмазоносности южного борта Вилюйской синеклизы / В. П. Афанасьев [и др.] // Отечественная геология. 2007. № 1. С. 119–122.
4. О перспективах алмазоносности южного борта Вилюйской синеклизы / В. П. Афанасьев [и др.] // Геология рудных месторождений. 2020. Т. 62, № 6. С. 561–567. <https://doi.org/10.31857/S0016777020040024>.
5. Избеков Э. Д., Подъячев Б. П., Афанасьев В. П. Признаки симметричной алмазоносности восточной части Сибирской платформы (относительно оси Вилюйской синеклизы) // Доклады Академии наук. 2006. Т. 411, № 3. С. 352–353.
6. Геология и перспективы алмазоносности юго-восточной окраины Сибирской платформы и Сетте-Дабана / И. И. Колодезников [и др.] ; под ред. К. К. Левашова. М. : Изд-во «Недра», 1996. 160 с.
7. Мишнин В. М. Главная фигура аппроксимации полного ареала размещения кимберлитов и родственных пород

востока Сибирской платформы // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов : материалы науч.-практ. конф., Мирный, 24–28 марта 1998 г. Мирный : Мирн. город. тип., 1998. С. 274–277.

8. Мишнин В. М., Гриненко В. С., Андреев А. П. Третий геолого-промышленный тип концентрированного оруденения Якутского погребенного поднятия: ретроспективный взгляд // Наука и образование. 2013. № 4. С. 18–24.

9. Якутское погребенное поднятие: инъецированные кимберлиты и их тектоническая рама / В. М. Мишнин [и др.] // Наука и образование. 2010. № 2. С. 11–15.

10. Мишнин В. М., Гриненко В. С. Каменноугольные отложения Алданской антеклизы — ключевое звено системы «протоколлектор — коренной источник алмаза» // Наука и образование. 2006. № 4. С. 14–19.

11. Толстов А. В., Горев Н. И., Проценко Е. В. Новые перспективы коренной алмазоносности Чаро-Синской зоны глубинных разломов (Южная Якутия) // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : сб. тез. докл. VIII междунар. науч.-практ. конф., Москва, 16–18 апр. 2018 г. М. : ЦНИГРИ, 2018. С. 21–22.

12. Перспективы алмазоносности Чаро-Синской зоны разломов / А. В. Толстов [и др.] // Руды и металлы. 2021. № 3. С. 46–58. <https://doi.org/10.47765/0869-5997-2021-10017>.

13. Розен О. М., Манаков А. В., Зинчук Н. Н. Сибирский кратон: формирование, алмазоносность. М. : Науч. мир, 2006. 212 с.

14. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Анабаро-Вилуйская. Лист Р-51 — Олёкминск. Объяснительная записка / И. О. Лебедев [и др.]. СПб. : ВСЕГЕИ, 2023. 380 с.

15. Ротман А. Я., Серенко В. П. Петрологические особенности базитов трубок взрыва Западной Якутии // Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. Новосибирск : Наука, 1985. С. 173–183.

16. Гайдук В. В. Вилуйская среднепалеозойская рифтовая система. Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1988. 127 с.

17. Чаро-Синский дайковый пояс (среднее течение р. Лена): локальный U-Pb возраст циркона и петролого-геохимические особенности / В. Е. Гузев [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2021. № 87. С. 28–41. [https://doi.org/10.52349/08697892\\_2021\\_87\\_28-41](https://doi.org/10.52349/08697892_2021_87_28-41).

18. Проявление флюидно-взрывной дезинтеграции базитов в Накынском кимберлитовом поле (Якутская алмазная провинция) / А. И. Киселев [и др.] // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23, № 1. С. 97–104.

19. Масайтис В. Л. Вулканизм и тектоника Патомско-Вилуйского среднепалеозойского авлакогена : тр. ВСЕГЕИ. Т. 192. М. : Недра, 1975. 181 с.

20. Проценко Е. В., Горев Н. И. Тектонические особенности размещения кимберлитовых тел и их использование при прогнозировании (на примере кимберлитовых полей Западной Якутии) // Руды и металлы. 2017. № 4. С. 62–69.

21. Соболев Н. В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск : Наука, 1974. 264 с.

22. Haggerty S. E. The chemistry and genesis of opaque minerals in kimberlites // Physics and Chemistry of the Earth. 1975. Vol. 9. P. 295–307. [https://doi.org/10.1016/0079-1946\(75\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0079-1946(75)90024-5).

23. Origin and significance of ilmenite megacrysts and macrocrysts from kimberlite / D. J. Schulze [et al.] // International Geology Review. 1995. Vol. 37, no. 9. P. 780–812. <https://doi.org/10.1080/00206819509465427>.

24. Moore A. E. A model for the origin of ilmenite in kimberlite and diamond: Implications for the genesis of the discrete nodule (magacryst) suite // Contr. Mineral. and Petrol. 1987. Vol. 95. P. 245–253. <https://doi.org/10.1007/bf00381274>.

25. Gurney J. J., Helmstaedt H., Moore R. O. A review of the use and application of mantle mineral geochemistry

in diamond exploration // Pure and Applied Chemistry. 1993. Vol. 65, no. 12. P. 2423–2442. <https://doi.org/10.1351/pac199365122423>.

26. Mitchell R. H. Kimberlites: Mineralogy, geochemistry and petrology. New York ; London : Plenum Press, 1986. 442 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0568-0>.

27. Diamond prospectivity from indicator mineralogy: A Western Australian perspective / C. B. Smith [et al.] // Intern. Kimberlite Conf.: Extended abstr. 1991. Vol. 5. P. 380–382. <https://doi.org/10.29173/ikc2576>.

28. Томшин М. Д., Гоголева С. С. Новый подход к поиску кимберлитов // Наука и техника в Якутии. 2021. № 2. С. 19–22. <https://doi.org/10.24412/1728-516X-2021-2-19-22>.

29. Локализация высокотитанистых долеритов на территории кимберлитовых полей: возможные причины и новый критерий поиска / М. Д. Томшин [и др.] // Геология и геофизика. 2024. Т. 65, № 9. С. 1234–1245. <https://doi.org/10.15372/GIG2024105>.

30. Tomshin M., Gogoleva S. Behavior of TiO<sub>2</sub> in dolerites as a possible search sign for kimberlites // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. Vol. 609. P. 012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/609/1/012073>.

31. Томшин М. Д., Толстов А. В., Журавлев А. И. Перспективы территории Чаро-Синского дайкового пояса на обнаружение кимберлитов по геохимическим особенностям базитов // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2025. Т. 30, № 3. С. 353–364. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2025-30-3-353-364>.

32. Чаро-Синский дайковый рой в структуре среднепалеозойской Вилуйской рифтовой системы (Сибирский кратон) / А. И. Киселев [и др.] // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471, № 2. С. 209–213. <https://doi.org/10.7868/S0869565216320220>.

33. Киселев А. И. Взаимоотношения кимберлитового и базитового магматизма в Накынском поле Якутской алмазоносной провинции // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2008. № 4. С. 18–21.

## REFERENCES

1. Protsenko E. V., Tolstov A. V., Gorev N. I. Kimberlite prospecting criteria and new prospects for Yakutia primary diamond potential. *Ores and Metals*. 2018; (4): 14–23 (In Russ.).
2. Kimberlites of the Manchary pipe: A new kimberlite field in Central Yakutia. *Russian Geology and Geophysics*. 2010; 51 (1): 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2009.12.012>.
3. Prospects for diamond potential of the southern side of the Vilyui syncline / V. P. Afanasiev [et al.]. *Otechestvennaya Geologiya*. 2007; (1): 119–122. (In Russ.).
4. On the prospects of diamond content of the southern side of the Vilyui syncline / V. P. Afanasiev [et al.]. *Geology of Ore Deposits*. 2020; 62 (6): 535–541. <https://doi.org/10.1134/S1075701520040029>.
5. Izbekov E. D., Pod'yachev B. P., Afanas'ev V. P. Signs of symmetric diamond concentration in the eastern Siberian platform (relative to the Vilyui syncline axis). *Doklady Earth Sciences*. 2006; 411: 1339–1340. <https://doi.org/10.1134/S1028334X06090017>.
6. Geology and diamond potential prospects in the southeastern margin of the Siberian platform and Sette-Daban / I. I. Kolodeznikov [et al.]; Ed. K. K. Levashov. Moscow: Nedra Publ.; 1996. 160 p. (In Russ.).
7. Mishnin V. M. The main figure of approximation of the complete area of distribution of kimberlites and related rocks of the eastern Siberian platform. *Geology, distribution patterns, methods of forecasting and prospecting for diamond deposits: Proc. of the Sci. Conf.*, Mirny, 24–28 March 1998. Mirny: Mirny City Printing House; 1998. P. 274–277. (In Russ.).
8. Mishnin V. M., Grinenko V. S., Andreev A. P. The third geological-industrial type of concentrated mineralization of the Yakut buried uplift: A retrospective view. *Nauka i Obrazovanie*. 2013; (4): 18–24. (In Russ.).

9. Yakut buried uplift: Injected kimberlites and their tectonic framework / V. M. Mishnin [et al.]. *Nauka i Obrazovanie*. 2010; (2): 11–15. (In Russ.).
10. Mishnin V. M., Grinenko V. S. Carboniferous deposits of the Aldan antecline — a key link in the “protocollector — primary diamond source” system. *Nauka i Obrazovanie*. 2006; (4): 14–19. (In Russ.).
11. Tolstov A. V., Gorev N. I., Protzenko E. V. New prospects for primary diamond potential of the Charo-Sinskaya zone of deep faults (South Yakutia). *Scientific and methodological foundations for forecasting, prospecting, and assessing deposits of diamonds, precious, and nonferrous metals: Proc. of the VIII Intern. Sci. Conf.*, Moscow, 16–18 Apr. 2018. Moscow: TsNIGRI; 2018. P. 21–22. (In Russ.).
12. Prospects for diamond potential of the Charo-Sinskaya fault zone / A. V. Tolstov [et al.]. *Ores and Metals*. 2021; (3): 46–58. (In Russ.).
13. Rozen O. M., Manakov A. V., Zinchuk N. N. Siberian craton: Origin and the diamond control. Moscow: Sci. World; 2006. 212 p. (In Russ.).
14. State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:1,000,000. Third Generation. Anabar-Vilyuy Series. Sheet P-51 — Olyokminsk. Explanatory Note. St. Petersburg: VSEGEI; 2023. 380 p. (In Russ.).
15. Rotman A. Ya., Serenko V. P. Petrological features of basites in Western Yakutia volcanic pipes. *Geology and mineral resources in Eastern Siberia*. Novosibirsk: Nauka; 1985. P. 173–183. (In Russ.).
16. Gaiduk V. V. Middle Paleozoic Vilyuy rift system. Yakutsk: YaB SB AS USSR; 1988. 127 p. (In Russ.).
17. Chara-Sinsk dike swarm (middle reaches of the Lena River): Local U-Pb age of zircon and petrological and geochemical features of rocks / V. E. Guzev [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2021; (87): 28–41. [https://doi.org/10.52349/08697892\\_2021\\_87\\_28-41](https://doi.org/10.52349/08697892_2021_87_28-41). (In Russ.).
18. The nature of basic explosive breccias within the Nakyn kimberlitic field (Yakutian diamondiferous province) / A. I. Kiselev [et al.]. *Pacific Geology*. 2004; 23 (1): 97–104 (In Russ.).
19. Masaitis V. L. Volcanism and tectonics of the Middle Paleozoic Patom-Vilyuy aulacogen: VSEGEI Proc. Vol. 192. Moscow: Nedra; 1975. 181 p. (In Russ.).
20. Protzenko E. V., Gorev N. I. Tectonic features of kimberlite bodies location and their use in forecasting (exemplified by kimberlite fields of the Western Yakutia). *Ores and Metals*. 2017; (4): 62–69. (In Russ.).
21. Sobolev N. V. The deep seated inclusions in kimberlites and the problem of the upper mantle composition. Novosibirsk: Nauka; 1974. 264 p. (In Russ.).
22. Haggerty S. E. The chemistry and genesis of opaque minerals in kimberlites. *Physics and Chemistry of the Earth*. 1975; 9: 295–307. [https://doi.org/10.1016/0079-1946\(75\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0079-1946(75)90024-5).
23. Origin and significance of ilmenite megacrysts and macrocrysts from kimberlite / D. J. Schulze [et al.]. *International Geology Review*. 1995; 37 (9): 780–812. <https://doi.org/10.1080/00206819509465427>.
24. Moore A. E. A model for the origin of ilmenite in kimberlite and diamond: Implications for the genesis of the discrete nodule (megacryst) suite. *Contr. Mineral. and Petrol*. 1987; 95: 245–253. <https://doi.org/10.1007/bf00381274>.
25. Gurney J. J., Helmstaedt H., Moore R. O. A review of the use and application of mantle mineral geochemistry in diamond exploration. *Pure and Applied Chemistry*. 1993; 65 (12): 2423–2442. <https://doi.org/10.1351/pac199365122423>.
26. Mitchell R. H. Kimberlites: Mineralogy, geochemistry and petrology. New York; London: Plenum Press; 1986. 442 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0568-0>.
27. Diamond prospectivity and indicator mineral chemistry: A western Australian perspective / C. B. Smith [et al.]. *Intern. Kimberlite Conf.: Extended abstr.* 1991; 5: 380–382. <https://doi.org/10.29173/ikc2576>.
28. Tomshin M. D., Gogoleva S. S. New approach to the search for kimberlites. *Nauka i Tekhnika v Yakutii*. 2021; (2): 19–22. <https://doi.org/10.24412/1728-516X-2021-2-19-22>. (In Russ.).
29. Localization of high-titanium dolerites in kimberlite fields: Possible causes and a new criterion for kimberlite search / M. D. Tomshin [et al.]. *Russian Geology and Geophysics*. 2024; 65 (9): 1234–1245. <https://doi.org/10.15372/GIG2024105>. (In Russ.).
30. Tomshin M., Gogoleva S. Behavior of TiO<sub>2</sub> in dolerites as a possible search sign for kimberlites. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020; 609: 012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/609/1/012073>.
31. Tomshin M. D., Tolstov A. V., Zhuravlev A. I. Prospects for discovering kimberlites in the Charo-Sinsk dike swarm based on the geochemical features of basites. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2025; 30 (3): 353–364. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2025-30-3-353-364>. (In Russ.).
32. The Chara-Sinsk dyke swarm in the structure of the Middle Paleozoic Vilyuy rift system (Siberian craton) / A. I. Kiselev [et al.]. *Doklady Earth Sciences*. 2016; 471 (1): 1179–1182. <https://doi.org/10.1134/S1028334X16110167>.
33. Kiselev A. I. The relations of kimberlite and basite magmatism in Nakinskoye field of Yakutsk diamond province. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2008; (4): 18–21. (In Russ.).

## Глеб Александрович Козлов

Кандидат геолого-минералогических наук,  
ведущий геолог

Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0001-1263-5463>

ResearcherID KBR-2708-2024

SPIN-код РИНЦ 3598-2374

[gleb\\_kozlov@karpinskyinstitute.ru](mailto:gleb_kozlov@karpinskyinstitute.ru)

## Борис Александрович Калмыков

Главный геолог отдела

Акционерное общество «Геофизическое  
научно-производственное предприятие «Аэрогеофизика»,  
Москва, Россия

[kalmikov@aerogeo.ru](mailto:kalmikov@aerogeo.ru)

## Gleb A. Kozlov

PhD (Geology and Mineralogy),  
Leading Geologist

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0001-1263-5463>

ResearcherID KBR-2708-2024

RSCI SPIN-code 3598-2374

[gleb\\_kozlov@karpinskyinstitute.ru](mailto:gleb_kozlov@karpinskyinstitute.ru)

## Boris A. Kalmykov

Chief Geologist of Department

Geophysical Research  
and Production Enterprise “Aerogeofizika”,  
Moscow, Russia

[kalmikov@aerogeo.ru](mailto:kalmikov@aerogeo.ru)

## Алексей Андреевич Трусов

Кандидат технических наук, главный геофизик

Акционерное общество «Геофизическое  
научно-производственное предприятие «Аэрогеофизика»,  
Москва, Россия

Scopus Author ID 56122428200  
SPIN-код РИНЦ 9395-7588  
trusov@aerogeo.ru

## Динар Ильинович Гилязов

Геолог второй категории

Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

Dinar\_ilvirovich@karpinskyinstitute.ru

## Андрей Валерьевич Осипов

Заместитель начальника отдела

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии  
редких элементов, Москва, Россия

ao212imgre@mail.ru

## Василий Иванович Леонтьев

Кандидат геолого-минералогических наук,  
заместитель директора Центра  
прогнозно-металлогенических исследований

Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-7183-4772>  
Scopus Author ID 57195316170  
ResearcherID P-3351-2017  
SPIN-код РИНЦ 4563-2326  
vasiliy\_leontiev@karpinskyinstitute.ru

## Alexey A. Trusov

PhD (Engineering), Chief Geophysicist

Geophysical Research  
and Production Enterprise "Aerogeofizika",  
Moscow, Russia

Scopus Author ID 56122428200  
RSCI SPIN-code 9395-7588  
trusov@aerogeo.ru

## Dinar I. Giliyazov

Second Category Geologist

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia

Dinar\_ilvirovich@karpinskyinstitute.ru

## Andrei V. Osipov

Deputy Head of Department

Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry  
of Rare Elements, Moscow, Russia

ao212imgre@mail.ru

## Vasilii I. Leontev

PhD (Geology and Mineralogy),  
Deputy Head,  
Centre of Predictive Metallogenic Studies

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,  
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-7183-4772>  
Scopus Author ID 57195316170  
ResearcherID P-3351-2017  
RSCI SPIN-code 4563-2326  
vasiliy\_leontiev@karpinskyinstitute.ru

---

**Вклад авторов:** Козлов Г. А. — организация работ по проекту, концепция исследования, составление текста, обработка результатов геологических и геофизических исследований, минералогического анализа, итоговые выводы.

Калмыков Б. А. — организация работ по проекту, концепция исследования,

обработка результатов геофизических исследований, составление текста, итоговые выводы.

Трусов А. А. — обработка результатов геофизических исследований, составление текста, итоговые выводы.

Гилязов Д. И. — подготовка дополнительных материалов,

обработка результатов минералогических исследований, доработка текста, итоговые выводы.

Осипов А. В. — организация работ по проекту, подготовка дополнительных материалов, доработка текста, итоговые выводы.

Леонтьев В. И. — научное руководство, доработка текста.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** Kozlov G. A. — project organization, research concept, original draft, geological and geophysical research data analysis, mineralogical analysis, final conclusions.

Kalmykov B. A. — project organization, research concept, geophysical research data analysis, original draft, final conclusions.

Trusov A. A. — geophysical research data analysis, original draft, final conclusions.

Giliyazov D. I. — preparing supplementary data, mineralogical analysis, follow-on revision, final conclusions.

Osipov A. V. — project organization, preparing supplementary data, follow-on revision, final conclusions.

Leontev V. I. — scientific supervision, project organization, follow-on revision.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 18.11.2025  
Одобрена после рецензирования 12.12.2025  
Принята к публикации 22.12.2025

Submitted 18.11.2025  
Approved after reviewing 12.12.2025  
Accepted for publication 22.12.2025

**Памяти  
Эльзы Сергеевны  
Плешивецвой  
(1933–2024)**

Э. С. Плешивецва родилась 8 августа 1933 г. в Ленинграде в семье инженера-железнодорожника и школьной учительницы. Как и большинство ленинградских детей 1930-х гг., она пережила начало блокады, артобстрелы, бомбежки, эвакуацию и тиф, от которого умер ее брат; сама Эльза Сергеевна всю жизнь страдала от последствий перенесенной болезни. В 1944 г. ее семья вернулась в Ленинград и первое время жила в школе на 10-й Красноармейской, а затем переехала в дом на углу улиц Шапина и Обводного канала, где прошли ее детство и юность.

В 1952 г. она поступила на географический факультет Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова (далее — ЛГУ). Училась на кафедре геоморфологии, была одной из любимых учениц лауреата Сталинской премии (1951 г.) И. М. Покровской (1902–1970), которая хотела оставить свою ученицу в палинологической лаборатории ЛГУ. Однако этого не произошло, и в 1957 г. Эльза Сергеевна была распределена в 5-е Геологическое управление на должность геолога-палинолога. Тем не менее, работа с И. М. Покровской сформировала Э. С. Плешивецву как палинолога и во многом определила ее научные предпочтения. Дипломную практику она проходила в 1956 г. на геологической съемке масштаба 1:200 000 в восточной части Тихвинского бокситоносного района, где в разрезах скважин обнаружила микулинские торфяники; по ним она написала дипломную работу. Это было весьма символично: И. М. Покровская, один из создателей советской школы палиностратиграфии квартера, начинала свою научную деятельность именно с микулинских отложений (разрезы на реках Мга и Полометь), чей межледниковый характер ей удалось доказать. Микулинские флоры стали первой и на всю жизнь самой любимой темой научных исследований Эльзы Сергеевны. И, разумеется, ее первая публикация также была посвящена микулинским отложениям [1].

В 1959 г. перешла в тематическую экспедицию Северо-Западного территориального геологического управления (далее — СЗ ТГУ) Министерства геологии СССР, где занимала должность инженера-палеонтолога и 27 апреля 1962 г. на базе Ленинградской комплексной геологической экспедиции (ЛКГЭ) СЗ ТГУ (впоследствии ПГО «Севзапгеология») была организована спорово-пыльцевая лаборатория — день, памятный для Эльзы Сергеевны.



Э. С. Плешивецва с торфяным буром собственной конструкции во дворе дома на Вяземском переулке. 2008 г.

Заведующей этой лабораторией, затем переименованной в палеофитологическую, стала Э. С. Плешивецва. Первыми сотрудниками были палинологи Л. А. Гайгерова, Г. С. Абакуменко, Р. А. Бичурина, В. В. Нукзарова, Д. А. Агранова, Н. С. Васильева. Благодаря усилиям этого коллектива к 1963 г. были подготовлены лабораторные помещения.

В конце 1960-х — начале 1970-х гг. в лабораторию пришли палинологи М. Б. Андреева, В. Ф. Салтыкова, В. И. Семичева, С. Ф. Котова, М. А. Андреева и М. А. Гуман; диатомисты Т. Е. Ладышкина, М. А. Травина, С. С. Горшкова; специалисты по микрофауне Т. В. Преснова, О. А. Яновская и Р. Е. Нельзина; техники-лаборанты Н. А. Лебедева, Л. М. Попова, В. И. Юрченко, О. Ф. Данилова, Р. П. Старкова и Л. С. Яковлева. В 1969 г. присоединилась М. А. Сенкевич (Талиева) — специалист по палеозойским и позднепротерозойским акритархам, проработавшая с Э. С. Плешивецвой до последних дней существования лаборатории.

Эльза Сергеевна считала, что для надежной корреляции палиноспектров из разрезов, изученных разными палинологами, необходимы стандартизация пробоподготовки и единые критерии определения пыльцы, что возможно лишь в рамках общей

научной школы. Поэтому ее сотрудники на протяжении многих лет участвовали в конференциях и методических школах-семинарах В. П. Гричука (Институт географии АН СССР, Москва) и Е. Д. Заклинской (Геологический институт АН СССР, Москва); часто консультировались по видовым определениям полей и маревых у М. Х. Монозон, по пыльце реликтов и экзотов — у Е. Н. Анановой, что считалось серьезным испытанием. Перфекционизм и требовательный характер Е. Н. Анановой производили на молодых палинологов неизгладимое впечатление: морфологию, систематику, биогеографию и стратиграфическое распространение обсуждаемых таксонов при общении с ней необходимо было знать в совершенстве.

Эльза Сергеевна всегда старалась надежно и понятно для геологов обосновать возраст и генезис отложений с обязательным учетом геологического контекста. Поэтому все работы лаборатории велись в тесном творческом, часто полемическом, контакте с геологами ПГО «Севзапгеология» — В. Г. Ауслендером, А. Л. Бусловичем, В. И. Гаркушей, В. П. Геом, И. В. Котлуковой, Э. Ю. Самметом, А. С. Яновским; геологами ПГО «Архангельскгеология» — Э. А. Кальберг, В. П. Грибом, Е. М. Веричевым, И. А. Вартановой, И. И. Ефремовым, Ю. И. Зудиным, В. Н. Копыловой, З. К. Махнач, А. Ф. Станковским, Т. А. Румянцевой; и специалистами ВСЕГЕИ — И. И. Красновым, М. А. Спиридоновым, Е. П. Зарриной, В. Р. Вербицким и М. В. Ошурковой.

К середине 1980-х гг. штат лаборатории вырос до 25 высококлассных специалистов. Она стала одной из крупнейших палинологических лабораторий в СССР с производительностью около 2000 анализов в год. Здесь были собраны уникальные коллекции эталонных препаратов неоген-четвертичных пыльцы, спор, диатомовых и микрофауны, созданы научно-техническая библиотека, а также собственные атласы-определители. Заказчиками работ, кроме ПГО «Севзапгеология», были ВСЕГЕИ, Ленгидропроект, Институт Арктики и Антарктики, Горный институт, Институт Археологии АН СССР и Государственный Эрмитаж.

В 1987 г. в лабораторию пришла корифей отечественной палинологии Евгений Сергеевна Маласова. Как и Эльза Сергеевна, она была любимой ученицей И. М. Покровской и почти четверть века руководила спорово-пыльцевой лабораторией НИИ географии ЛГУ (бывшего Географо-экономического института), пока не подросли ее ученицы, и в 1983 г. ей пришлось уйти на пенсию. Однако оставаться без работы она не могла и пришла к Эльзе Сергеевне в ЛКГЭ, где проработала еще 15 лет в самое темное и тяжелое для российской науки время. В своем загородном доме в п. Мельниково на р. Вуокса она оборудовала лабораторию, где занималась пробоподготовкой и определяла пыльцу. Вместе с ней, М. А. Сенкевич и неизменными с начала 1960-х гг. коллегами-геологами В. Г. Ауслендером и В. П. Геом Эльзе Сергеевне удалось сделать почти невозможное — отсрочить окончательный развал четвертичной геологии в Ленинградской (Петербургской) комплексной геологической экспедиции почти на 10 лет.

Эльза Сергеевна считала, что палинологи должны четко понимать геологическое строение изучаемых разрезов. Она не была склонна доверять геологам отбор образцов на спорово-пыльцевой анализ, полагая, что палинолог должен его контролировать — только в таком случае он отвечает за выводы и может понять источник ошибок. На протяжении 40 лет Э. С. Плешивцева неизменно принимала участие в полевых работах, включая бурение, описание и отбор образцов керна, где вероятность ошибки или загрязнения образца существенно возрастает. С 1960-х до начала 1980-х гг. она возглавляла изучение четвертичных отложений в рамках работ Архангельской комплексной геологической экспедиции под руководством легендарных архангельских геологов В. П. Гриба (с ним у Эльзы Сергеевны есть совместная статья [2]) и Э. А. Кальберг. География ее полевых исследований охватывала низовья рек Северная Двина, Пинега, Ижма, Золотица, Мезень, Кулой, Зимний Берег и Онежский полуостров Белого моря, Северный Тиман. Пришлось ей поработать и на Кольском полуострове в Ловозерской и Ревдинской партиях Мурманской экспедиции. Эльза Сергеевна до конца жизни сохраняла самые теплые воспоминания об этом периоде своей трудовой деятельности.

Результаты работ в Архангельской области легли в основу кандидатской диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук «Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения отложений верхнего плейстоцена и голоцена Северо-Двинской впадины», которую она защитила в начале 1971 г. В качестве оппонентов выступили И. И. Краснов и Э. И. Девятова. Кроме спорово-пыльцевого метода, Э. С. Плешивцева использовала данные изучения фауны морских моллюсков (определения М. А. Лавровой и В. Г. Легковой), фораминифер (О. Ф. Барановской), диатомовых (М. А. Травиной и Е. А. Черемисиновой) и ботанического состава погребенных торфов (М. Х. Качурина).

Важным научным достижением ее диссертации стала разработка первой детальной палиностратиграфической схемы (11 пыльцевых зон) расчленения бореальной толщи, в которой были представлены позднемосковские, микулинские (включая оптимум) и ранневалдайские (верхневолжские и курголовские слои схемы 1964 г.; [3]) отложения. К этой схеме удалось привязать несколько трансгрессивно-регрессивных этапов развития Бореального моря. В поздне-последледниковой части разреза было выделено 12 пыльцевых зон. С ними Э. С. Плешивцева сопоставила ключевые этапы развития синхронных палеобассейнов: озерно-ледниковую стадию среднего дриаса, морскую трансгрессию позднего дриаса (портландия), позднедриасовую регрессию, раннепребореальную озерно-болотную стадию, позднепребореально-бореальную и атлантическую трансгрессию [2–12].

В 1981–1983 гг. Эльза Сергеевна руководила бурением скважин при подготовке экскурсионных объектов к XI Международному конгрессу по изучению четвертичного периода (INQUA) в 1982 г.

и XXVII Международному геологическому конгрессу в 1984 г. [13; 14], а также на месторождении ленточных глин «Кирпичный завод им. Свердлова» и скважин Ленинградского инженерно-геологического объекта. Результаты этих работ были обобщены совместно с Г. С. Абакуменко и С. С. Горшковой в отчете по изучению опорных разрезов четвертичных отложений окрестностей Ленинграда (1984 г.) и стали фактической основой новой стратиграфической схемы Севера и Северо-Запада Восточно-Европейской платформы 1983 г. (утверждена МСК в 1984 г.; [15]). В этой схеме были выделены новые горизонты: пайский и свирский в нижнем неоплейстоцене, горьинский в среднем и ленинградский в верхнем. В 1984 г. Э. С. Плешивцева была награждена медалью «Ветеран труда».

В середине 1980-х гг. Эльза Сергеевна участвовала в описании кернов и отборе образцов на спорово-пыльцевой анализ при геологической съемке масштаба 1 : 50 000 в северной части Тихвинского бокситоносного района под руководством Н. А. Александровой. В ходе этих работ впервые на Северо-Западе был обнаружен коррелят донского тилла, названный по стратотипической местности урынским (по р. Урья). В ранге урынской свиты и горизонта он вошел в легенды Ильменской и Тихвинско-Онежской серий Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 200 000 (1987 г.), а затем в легенды Ильменской и Онежской серий листов Государственной геологической карты РФ масштаба 1 : 200 000 (1999 г.). В стратиграфическую схему Севера и Северо-Запада этот горизонт был введен решением Межведомственного стратиграфического комитета (далее — МСК) в 2002 г. Тогда же Э. С. Плешивцевой и Е. С. Малясовой [16] получены уникальные по полноте пыльцевые записи в отложениях пайского и свирского горизонтов.

В 1990-е гг., в период развала геологической отрасли, Эльза Сергеевна принимала участие в работах В. Г. Ауслендера по комплексному геологическому, гидрогеологическому и инженерно-геологическому доизучению масштаба 1 : 50 000 территории Санкт-Петербурга и его окрестностей (1991–2001) и стала соавтором нескольких статей по микулинским, ниже- и средневалдайским отложениям Северо-Запада [17–24].

В 1998 г. ей удалось найти финансирование и провести полевые работы по изучению позднеледниковых и голоценовых отложений Псковской, Новгородской, Ленинградской и Вологодской областей. В возрасте 67 лет вместе с мужем, ровесницей М. А. Сенкевич и несколькими рабочими-студентами она пробурила на болотах 14 скважин глубиной до 12 м! Совместно с оставшимися сотрудниками лаборатории — Е. С. Малясовой, И. Н. Матвеевской и В. А. Федоровой — удалось провести спорово-пыльцевой анализ 500 образцов (половина из которых так и не была оплачена), диатомовый анализ 50 образцов, определить ботанический состав 232 проб торфа и получить в лаборатории Х. А. Арсланова 58 новых радиоуглеродных датировок. За счет средств проекта, при поддержке РФФИ и администрации Вологодской

области, Эльза Сергеевна с ветеранами Петербургской комплексной геологической экспедиции (далее — ПКГЭ) — В. Г. Ауслендером и В. П. Геом, а также с И. Н. Демидовым (Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск) организовала и провела в июне 2000 г. международный симпозиум «Проблемы стратиграфии четвертичных отложений и краевые ледниковые образования Вологодского региона» в г. Кириллов; к этому мероприятию они подготовили небольшую коллективную монографию [25]. В 2001 г. финансирование проекта прекратилось, и Э. С. Плешивцева, В. Г. Ауслендер, В. П. Гей, Е. С. Малясова и М. А. Сенкевич завершали его уже без заработной платы, на общественных началах. В 2003 г. Эльза Сергеевна была награждена знаком «Отличник разведки недр».

Наше знакомство с Э. С. Плешивцевой началось в конце 2003 г. Это было трудное для нее время — она недавно похоронила супруга и очень тяжело переживала утрату. Тогда я искал палинолога для изучения голоцена южного Приладожья в контексте палеогидрологии, освоения ландшафтов древним человеком и истории земледелия в районе Старой Ладоги. Опрос коллег-четвертичников и геоморфологов дал однозначный ответ: лучшим действующим палинологом Санкт-Петербурга является Эльза Сергеевна. Я обратился к ней, мы познакомились, и она любезно согласилась взяться за наши образцы. Как мне позже стало ясно, в основном чтобы немного отвлечься от горя — работы в ПКГЭ для нее тогда не было.

Пробоподготовкой занималась Е. С. Малясова. Я привозил ей в п. Мельниково образцы, она их «варила» и определяла пыльцу культурных злаков — Э. С. Плешивцева сомневалась в надежности определений их до рода, а Е. С. Малясова была одной из первых в СССР, кто начал изучать эту проблему. Результаты наших работ опубликованы в нескольких статьях [26–31]. Позже Эльза Сергеевна смотрела пыльцу из наших разрезов на Охтинском мысу в Петербурге [32; 33] (часть материалов не опубликована) и в Приильменье (не опубликовано).

В 2005–2007 гг. при поддержке ОАО «Кольский ГИЛЦ» Э. С. Плешивцева занималась подготовкой к изданию монографии «Палинология плейстоцена и голоцена Северо-Запада Российской Федерации» (Ленинградская, Псковская, Новгородская, Вологодская области). В этой работе ей помогли последний оставшийся сотрудник палеофитологической лаборатории — М. А. Сенкевич, а также в части подготовки диаграмм и иллюстраций, автор настоящей статьи.

В рукописи были обобщены все известные с начала XX в. данные спорово-пыльцевого и диатомового анализа из разрезов квартала Северо-Запада, включая материалы, полученные в период 1960–2006 гг. самой Э. С. Плешивцевой и сотрудниками ее лаборатории. Описан ряд новых неопубликованных разрезов эоплейстоцена (гелазия?), нижнего неоплейстоцена, лихвинского и микулинского горизонтов, среднего валдая, а также позднеледниковья и голоцена, обеспеченных радиоуглеродными датировками. Эльзой Сергеевной была разработана детальная

палиностратиграфическая схема расчленения и корреляции разрезов лихвинских, микулинских и голоценовых отложений на основе особенностей состава палинофлоры с учетом палеобиогеографической зональности территории. К сожалению, издать эту уникальную для Северо-Запада монографию так и не получилось.

В 2010–2012 гг. в ФГУП «Севзапгеология» возобновились работы по составлению карт четвертичных отложений. Это очень воодушевило Э. С. Плешивцеву — она опубликовала несколько статей [34–37]. Когда съемку четвертичных отложений в восточной части Ленинградской области возглавил аспирант А. А. Потапович — талантливый и самоотверженный молодой геолог, им удалось убедить руководство в необходимости бурения 100-метровой скважины в стратотипической местности подпорожского горизонта на оз. Погра, а также изучения позднеледниковых–голоценовых отложений в разрезах донных отложений малых озер в районе г. Лодейное Поле. Это открывало широкие перспективы — разрез скв. 10-С (1961 г.) на оз. Погра является стратотипом нижневалдайского (калининского, подпорожского) ледникового горизонта и до сих пор остается единственным, где, как предполагается, известен ранневалдайский тилл. Больше нигде ранневалдайские тиллы не обнаружены, и уже 30–40 лет большинству исследователей понятно, что ранневалдайское оледенение не распространялось за пределы Фенно-скандии, хотя некоторые до сих пор изображают его «следы» на картах Северо-Запада. Поэтому подтвердить или опровергнуть его существование было исключительно важной задачей, а изучение озерных позднеледниковых и голоценовых отложений позволяло решить сразу несколько актуальных палеогидрологических проблем.

Полевые работы были успешно завершены, и Э. С. Плешивцева с большим энтузиазмом приступила к следующему этапу. Пробоподготовкой занималась уже 90-летняя Е. С. Малясова. Она «варила» образцы и делала ацетализ для препаратов из доголоценовых отложений. Как представитель «старой школы», Эльза Сергеевна смотрела плейстоценовую пыльцу только после этой процедуры — и одному Богу известно, где им удалось найти необходимые для классического ацетализа реактивы.

Эльза Сергеевна начала с образцов из разрезов озерных отложений, как всегда, тонко подмечая особенности палинофлоры в позднеледниковых отложениях по составу пыльцы хвойных и травянистых растений. Закончив эту работу и оформив диаграммы для отчета (они остались неопубликованными), она взялась за образцы из Погринского разреза. Из его средневалдайской части нами уже были получены две «хорошие» радиоуглеродные датировки. Она начала изучение с нижней, среднеплейстоценовой части разреза, содержащей любимые ею реликты, посмотрела десяток образцов, как внезапно закончилось финансирование. Погринский разрез стал никому не нужен, а проблема подпорожского тилла так и осталась нерешенной. Скоро ненужными стали и остатки палеофитологической лаборатории — научный архив и эталонные коллекции оказались

на свалке; кое-что Э. С. Плешивцева успела забрать к себе домой. Это стало концом ее детища, которому она отдала 55 лет жизни.

После этого она на несколько лет отошла от активной научной деятельности, болела, восстанавливалась и вернулась к работе над монографией — хотела, по примеру Я. К. Еловичевой, издать ее за свой счет. Сперва Эльза Сергеевна обратилась к голоцену — сделала пару десятков новых радиоуглеродных датировок, убедилась в актуальности своих прежних представлений и приступила к ревизии материалов по нижнему плейстоцену с древними палинофлорами, реликтами и экзотами. В этом ей помогала неизменная соратница М. А. Сенкевич, которая приводила в порядок ведомости и списки флоры. Вскоре Марина Алексеевна ушла из жизни, а в 2020 г. скончалась и Е. С. Малясова.

Тем не менее работа продолжалась. Была проведена ревизия первичных материалов всех 18 известных разрезов нижнеплейстоценовых отложений Северо-Запада, составлены ведомости спорово-пыльцевого анализа, списки флоры, построены (несколькими способами) пыльцевые диаграммы, схемы корреляции и геологические разрезы. Эльза Сергеевна каким-то чудом смогла найти руководителя бурения середины 1980-х гг. на Пашозерском объекте — там при бурении одной из важных скважин произошла авария, и у нас возникли сомнения в достоверности описания разреза. К сожалению, расследование событий 35-летней давности не внесло ясности.

В конце концов, удалось неплохо обосновать гипотезу о межледниковой эпохе, более древней, чем пайская или свирская, но не относящейся к грязовецкому времени [34]. В нижней части разреза скв. 139/140 (р. Вёкса) установлен интервал с реликтами плиоценовой флоры, не известными во флорах пайского и свирского межледниковий — *Pinus cf. prosibirica* и *P. cf. mirabilis*, описанными Е. Н. Анановой для плиоценовых отложений. Кроме того, отмечена пыльца *Abies cf. firma*, *Picea cf. schrenkiana*, *P. sec. Omorica*, *Pinus sec. Strobilus*, *P. sec. Cembra*, а также *Juglans*. Этот интервал разреза залегает между двумя тиллами (пачками солифлюксия?), верхний из которых относится, вероятно, к древнейшему ледниковому прионежскому горизонту, а нижний до сих пор не имеет своего места в стратиграфической схеме Северо-Запада [38]. Этот тилл, видимо, выделяется и в разрезе скв. 266 (ур. Ильмоватица). В целом Эльза Сергеевна успела переработать из рукописи 2007 г. только часть по нижнему неоплейстоцену и подготовить несколько работ по мгинской свите [39–41]. Постоянные болезни и необходимость пребывания в больнице сильно отвлекали ее от работы и не позволили завершить обновленный вариант монографии. 6 мая 2024 г., в первый день Пасхальной недели, Эльза Сергеевна скоропостижно скончалась на 91-м году жизни.

Эльза Сергеевна обладала сильным, энергичным, волевым характером — с одинаковой решимостью она вступалась за Вяземский и Лопухинский сады, защищая их от застройки и «реконструкции», или, с объективным риском для себя, прогоняла

мошенников, пытавшихся обмануть ее соседок-пенсионеров. Ее представления оставались практически неизменными — чего бы они ни касались. За двадцать лет нашего знакомства я припоминаю лишь один случай, когда Эльза Сергеевна изменила свое мнение — признала дифференцированный во времени характер развития пайской и свирской флор. До последних дней жизни она сохраняла ясность ума и блестящую память — легко держала

в голове сотни ссылок, имена авторов, географические названия и таксоны.

Эльза Сергеевна была хорошим другом, выдающимся ученым, интересным рассказчиком — хранителем памяти и хлебосольной хозяйкой. Немногие оставшиеся друзья и коллеги сохраняют в своем сердце ее незабываемый образ.

М. В. Шитов

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ Э. С. ПЛЕШИВЦЕВОЙ

1. Вигдорчик М. Е., *Плешивцева Э. С.*, Черемисинова Е. А. Морские межледниковые отложения в Приильменской низине // Доклады Академии наук СССР. 1961. Т. 141, № 5. С. 1167–1170.

2. *Плешивцева Э. С.*, Гриб В. П. К стратиграфии четвертичных отложений нижнего течения реки Северной Двины // Доклады по геоморфологии и палеогеографии Северо-Запада Европейской части СССР : к VII конгр. INQUA, USA, 1965. Л., 1965. С. 7–34.

3. Вигдорчик М. Е., Ауслендер В. Г., Знаменская О. М., Соколов Н. Н., Саммет Э. Ю., Спиридонова Е. А., Савинов Ю. А., Котлукова И. В., Калугина Л. В., Клейменова Г. И., Лаврова М. А., *Плешивцева Э. С.*, Хомутова В. И., Черемисинова Е. А. Сводный стратиграфический разрез четвертичных отложений Северо-Запада Европейской территории СССР по данным новейших исследований // Тезисы докладов к Совещанию по стратиграфии и палеогеографии четвертичных отложений Северо-Запада Европейской части РСФСР, Ленинград, 21–22 апр. 1964 г. Л., 1964. С. 1–2.

4. *Плешивцева Э. С.* Растительный покров побережья Двинской губы Белого моря в период бореальной и поздне-последнеледниковых морских трансгрессий // Кайнозойская история Полярного бассейна и ее влияние на развитие ландшафтов северных территорий : материалы к симп. 1–6 апр. 1968 г. / отв. ред. А. И. Толмачев. Л., 1968. С. 268–271.

5. *Плешивцева Э. С.* Палинологическая характеристика позднеледниковых отложений побережья Двинской губы Белого моря // Программа и краткое содержание докладов : междунар. конф. XXI Герценовские чтения : География и геология, Ленинград, дек. 1968 г. Л., 1969. С. 87–89.

6. *Плешивцева Э. С.* Основные этапы истории растительности побережья Двинской губы Белого моря в период бореальной и поздне-последнеледниковых морских трансгрессий // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое / под общ. ред. А. И. Толмачева. Л. : Гидрометеиздат, 1970. С. 268–271.

7. *Плешивцева Э. С.* Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения отложений верхнего плейстоцена и голоцена Северо-Двинской впадины : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Л., 1971. 22 с.

8. *Плешивцева Э. С.* Палинологическая характеристика опорного разреза бореальной трансгрессии на северо-западе Архангельской области // Палинология плейстоцена : к III междунар. палинол. конф., Новосибирск, 1971 г. / отв. ред. В. П. Гричук. М., 1972. С. 93–104.

9. *Плешивцева Э. С.* Палинологическая характеристика поздне- и последнеледниковых отложений Северо-Двинской впадины // Палинология голоцена и маринопалинология : тр. III междунар. палинол. конф., Новосибирск, 1971 г. / под ред. М. И. Нейштадта [и др.]. М., 1973. С. 23–26.

10. Васильева Н. С., *Плешивцева Э. С.*, Семичева В. И. Применение палинологических методов при поисках полезных ископаемых на примере северных предгорий

Ловозерских тундр // Совершенствование методов прогноза месторождений полезных ископаемых на территории Северо-Запада РСФСР : тез. докл. науч.-техн. конф., Ленинград, 16–18 дек. 1974 г. / под ред. Ю. В. Казизына [и др.]. Л., 1974. С. 91–92.

11. *Плешивцева Э. С.* Изменение палеогеографических условий Северо-Двинской впадины в поздне-последнеледниковое время // Природа и хозяйство Севера. Вып. 6 / отв. ред. Г. С. Бискэ. Апатиты, 1977. С. 39–47.

12. Барановская О. Ф., *Плешивцева Э. С.*, Травина М. А. Стратиграфия морских отложений позднего плейстоцена и голоцена низовьев р. Северной Двины (по опорным разрезам) // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера Европейской части СССР / науч. ред. Г. С. Бискэ. Петрозаводск : Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 111–118.

13. Долуханов П. М., *Плешивцева Э. С.* Южное побережье Финского залива // Ленинград и Ленинградская область : Путеводитель экскурсий А-15, С-15 / ред. И. И. Краснов, Е. П. Заррина. М., 1982. С. 35–41.

14. Знаменская О. М., Краснов И. И., Малаховский Д. Б., *Плешивцева Э. С.* Четвертичные отложения побережья Финского залива // Северо-Запад СССР. Свод. путеводитель экскурсий 029, 077, 080, 099 / В. Б. Асаткин, Т. В. Александрова, В. С. Ванчугов [и др.] ; отв. ред. В. В. Проскуряков. М., 1984. С. 34–74.

15. Горшкова С. С., *Плешивцева Э. С.* Новые данные по истории развития озерного бассейна средневалдайского времени в окрестностях Ленинграда // История древних озер : тез. докл. на VII симп. по истории озер «История озер в дочетвертичное время, в голоцене и формирование полезных ископаемых в озерах», Ленинград, нояб. 1986 г. / отв. ред. Д. Д. Квасов. Л. : ГО СССР, 1986. С. 92–93.

16. *Плешивцева Э. С.*, Травина М. А., Малясова Е. С. Палеонтологические методы // Четвертичный покров Балтийского щита / под ред. В. В. Проскурякова, И. И. Краснова. Л. : Недра, 1987. С. 69–81.

17. Легкова В. Г., Ауслендер В. Г., Шукин Л. Н., *Плешивцева Э. С.* Плейстоцен Северо-Запада Российской Федерации // Геология Северо-Запада Российской Федерации. СПб. : Сев.-Зап. регион. геол. центр, 1993. С. 75–91.

18. Краснов И. И., Арсланов Х. А., Казарцева Т. И., Тертычная Т. В., Чернов С. Б., *Плешивцева Э. С.* Опорный разрез верхнеплейстоценовых отложений в Приневской низменности в карьере Келколово // Региональная геология и металлогения. 1995. № 4. С. 88–99.

19. *Плешивцева Э. С.*, Гаркуша В. И., Горшкова С. С. Миктулинские озера в междуречье Паши и Ояти (Ленинградская область) // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины / гл. ред. В. А. Румянцев. СПб. : Наука, 1998. С. 111–114.

20. Ауслендер В. Г., *Плешивцева Э. С.*, Горшкова С. С. Озерные бассейны среднего валдая на территории г. Санкт-Петербурга и его окрестностей // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины / гл. ред. В. А. Румянцев. СПб. : Наука, 1998. С. 99–111.

21. Еловичева Я., де Белио Ж.-Л., Грюгер Э., Калнина Л., Лийвранд Э., Хомутова В., *Плешивцева Э.*, Герасименко Н.,

Эрд К., Бэре К.-Э., Робертссон А.-М., Крупински К. Макросукцессии палеофитоценозов эемского межледниковья в Европе (по палинологическим данным) // Актуальные проблемы палинологии на рубеже третьего тысячелетия : тез. докл. IX всерос. палинол. конф., Москва, 13–17 сент. 1999 г. / гл. ред. М. Н. Григорьев. М. : ИГиРГИ, 1999. С. 98–100.

22. Гей В. П., Плешивцева Э. С., Ауслендер В. Г. Новые данные о ранневалдайских отложениях бассейна рек Шексны и Вологды, их стратиграфическое и палеогеографическое значение // Геология и минеральные ресурсы Вологодской области. Вологда : Русь, 2000. С. 42–47.

23. Ауслендер В. Г., Яновский А. С., Кабаков Л. Г., Плешивцева Э. С. Новое в геологии Санкт-Петербурга // Минерал. 2002. № 1. С. 51–58.

24. Еловичева Я. К., Плешивцева Э. С. Единство палеоклиматических перемен в Беларуси и России в стратиграфических схемах позднеледниковья и голоцена // Стратиграфия и палеонтология геологических формаций Беларуси : материалы междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения извест. палеонтолога и стратиграфа чл.-кор. Александра Васильевича Фурсенко, Минск, 30–31 янв. 2003 г. Минск : ИГН НАН, 2003. С. С. 122–124.

25. Гей В. П., Саарнисто М., Лунка Ю. П., Ауслендер В. Г., Плешивцева Э. С., Киселева В. Б., Демидов И. Н. Путеводитель экскурсий // Проблемы стратиграфии четвертичных отложений и краевые ледниковые образования Вологодского региона (Северо-Запад России) : материалы междунар. симп., Кириллов, июнь 2000 г. М. : ГЕОС, 2000. С. 71–96.

26. Шитов М. В., Бискэ Ю. С., Носов Е. Н., Плешивцева Э. С. Природная среда и человек нижнего Поволжья на финальной стадии Ладжской трансгрессии // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология, география. 2004. № 3. С. 3–15.

27. Шитов М. В., Бискэ Ю. С., Плешивцева Э. С., Марков А. Я. Позднеголоценовые изменения уровня Волхова в районе Старой Ладжы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология, география. 2005. № 4. С. 3–16.

28. Шитов М. В., Кильдюшевский В. И., Плешивцева Э. С., Сумарева И. В. Городская среда, землепользование и сельское хозяйство в средневековой Ладжы и ее округе (по палинологическим данным). I. Конец IX–XVI вв. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология, география. 2007. № 1. С. 40–49.

29. Шитов М. В., Константинова Т. А., Лоскутов И. Г., Плешивцева Э. С., Сумарева И. В., Чухина И. Г., Щеглова О. А. Городская среда, землепользование и сельское хозяйство в средневековой Ладжы и ее округе (по палинологическим и карпологическим данным). II: середина I тыс. от Р. Х. — середина IX в. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология, география. 2007. № 3. С. 44–59.

30. Шитов М. В., Плешивцева Э. С., Потапович А. А. История хозяйственного освоения нижнего Поволжья: начальный период // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология, география. 2008. № 1. С. 3–14.

31. Шитов М. В., Бискэ Ю. С., Плешивцева Э. С., Потапович А. А., Сумарева И. В. Стоянки А. А. Иностранцева и голоценовая тектоника Южного Приладжья. Геологический контекст // Вестник Санкт-Петербургского университета.

Науки о Земле. 2019. Т. 64, № 4. С. 628–650. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.408>.

32. Шитов М. В., Арсланов Х. А., Бискэ Ю. С., Плешивцева Э. С., Сумарева И. В. Голоценовая толща Охтинского мыса: стратиграфия и условия формирования // Бюллетень Института истории материальной культуры РАН (охранная археология) / отв. ред. Н. Ф. Соловьёва. Т. 1. СПб. : ИПК «КОСТА», 2010. С. 181–195.

33. Плешивцева Э. С. Палинотратиграфия плейстоцена северо-запада Русской равнины в пределах Ленинградской, Псковской, Новгородской и Вологодской областей // Сборник статей сотрудников ФГУП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция», посвященный 60-летию организации. СПб., 2011. С. 92–100.

34. Плешивцева Э. С. История палинологического изучения стратиграфии четвертичных отложений (Ленинградская, Псковская, Новгородская и Вологодская области) // Сборник статей сотрудников ФГУП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция», посвященный 60-летию организации. СПб., 2011. С. 53–81.

35. Плешивцева Э. С. Палинологическая характеристика стратотипического разреза мгинских морских отложений миккулинского межледниковья // Проблемы современной палинологии : материалы XIII рос. палинол. конф. с междунар. участием, Сыктывкар, 5–8 сент. 2011 г. Т. 2. Палинология кайнозоя. Прикладная палинология. Сыктывкар : Ин-т геологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 166–171.

36. Плешивцева Э. С., Шитов М. В. Стратиграфия и условия формирования голоценовой толщи в устье реки Охты (по палинологическим данным) // Сборник статей сотрудников ФГУП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция», посвященный 60-летию организации. СПб., 2011. С. 101–111.

37. Ауслендер В. Г., Плешивцева Э. С. Современные представления о строении толщи квартера суши г. Санкт-Петербург и его окрестностей // Сборник статей сотрудников ФГУП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция», посвященный 60-летию организации. СПб., 2011. С. 82–87.

38. Плешивцева Э. С., Ауслендер В. Г., Шитов М. В. Шестьдесят лет изучения нижнего плейстоцена Северо-Запада России: результаты и перспективы // Пути эволюционной географии : материалы II всерос. науч. конф., посвящ. памяти проф. А. А. Величко, Москва, 22–25 нояб. 2021 г. М. : Ин-т географии РАН, 2021. С. 831–836.

39. Плешивцева Э. С. Палинологическое изучение разреза мгинских морских отложений скважины 10 «Кирпичный завод им. Свердлова» (Ленинградская область) // Био- и геособытия в истории Земли. Этапность эволюции и стратиграфическая корреляция : материалы LXIX сес. Палеонтол. о-ва при РАН. СПб. : Картф-ка ВСЕГЕИ, 2023. С. 176–177.

40. Плешивцева Э. С. Палинотратиграфия мгинских морских отложений в разрезе «Кирпичный завод им. Свердлова» (Ленинградская область) // Труды Палеонтологического общества. Т. VI (в печати).

41. Ручкин М. В., Шитов М. В., Плешивцева Э. С., Лудикова А. В., Талденкова Е. Е., Овсепян Я. С., Косинцев П. А., Меркульев А. В. Мгинская свита Приневской низменности // Стратиграфия. Геологическая корреляция (в печати).

**Памяти  
Всеволода Георгиевича  
Ауслендера  
(1936–2024)**

Всеволод Георгиевич Ауслендер родился 17 марта 1936 г. в Ленинграде в семье известного геолога-угольщика Георгия Михайловича Ауслендера и домохозяйки Анастасии Сергеевны Ауслендер. В 1953 г. он закончил школу и поступил в Ленинградский ордена Ленина и Трудового Красного Знамени горный институт имени Г. В. Плеханова, который окончил в 1958 г. по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». 5 августа 1958 г. Всеволод Георгиевич был принят на должность геолога в Пикалёвскую геологоразведочную партию Северо-Западного территориального геологического управления. В декабре того же года он возглавил отряд по разведке глин и доломитов для производства керамзита, минеральной ваты, известняков и доломитов на Пикалёвском месторождении.

В марте 1960 г. В. Г. Ауслендер был назначен начальником Восточно-Череповецкого геологосъемочного отряда, проводившего геолого-гидрогеологическую съемку масштаба 1:50 000 в нижнем течении р. Шексна у г. Череповец. С 1961 по 1971 г. он руководил комплексной геолого-гидрогеологической съемкой масштаба 1:200 000 на листах О-37-IV (Кубенское), О-37-V (Сокол) и О-37-VII (Устюжна). Устюженский лист, заверченный в 1964 г., стал первой картой четвертичных отложений, составленной В. Г. Ауслендером.

В том же 1964 г. на совещании по стратиграфии и палеогеографии четвертичных отложений Северо-Запада Европейской части РСФСР состоялся научный дебют команды молодых ленинградских геологов-четвертичников — В. Г. Ауслендера, М. Е. Вигдорчика, Э. Ю. Саммета, И. В. Котлуковой и микропалеонтологов — Л. В. Калугиной, Г. И. Клейменовой, Е. А. Спиридоновой, Э. С. Плешивцевой, В. И. Хомутовой. Вместе со старшими коллегами О. М. Знаменской и Е. А. Черемисиновой, а также заслуженными классиками Н. Н. Соколовым и М. А. Лавровой, они представили новую стратиграфическую схему квартера Северо-Запада СССР [1]. В ней впервые был выделен неоген-четвертичный «свирский комплекс» (пайский и свирский горизонты схемы 1986 г.), введены курголовские и верхневолжские слои раннего валдая, а мгинские слои («мгинский горизонт» авторов) сопоставлены с микулинским межледниковьем, которое, по мнению авторов, было единственным в верхнем неоплейстоцене; выше него выделяются только межстадиальные слои. Эти представления



обсуждались до конца 1980-х гг., когда они стали почти общепринятыми.

В результате работ 1960-х гг. удалось понять основные черты развития Молого-Шекснинской низины и Сухоно-Кубенской озерной впадины в позднем плейстоцене [2–5], показать связь современного рельефа и строения четвертичной толщи с морфоструктурами [6], а также реконструировать доледниковый рельеф с древними долинами. Была предложена первая схема дегляциации территории Вологодской области, а уровни озерно-ледниковых бассейнов района сопоставлены с положением края ледника [7]. В это же время В. Г. Ауслендер вместе с С. Л. Бреславом и М. Е. Вигдорчиком подготовили к VIII Всесоюзному литологическому совещанию четвертичную часть путеводителя геологических экскурсий по берегам канала им. Москвы и Волго-Балтийскому водному пути им. В. И. Ленина [8], который на долгие годы стал справочником по территориям, не охваченным знаменитой монографией под редакцией Д. Б. Малаховского и К. К. Маркова 1969 г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Геоморфология и четвертичные отложения северо-запада европейской части СССР (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / отв. ред. Д. Б. Малаховский, К. К. Марков. Л. : Наука, 1969. 256 с.

В конце 1960-х гг. по органическим материалам из вологодских разрезов в лаборатории Института географии Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова были получены одни из первых радиоуглеродных датировок. Исключительно важное, революционное значение имели датировки из разреза на р. Пучка у д. Покровское на юго-западном берегу оз. Кубенское, находившегося у юго-восточной границы последнего оледенения:  $^{14}\text{C}$  возраст подморенного торфа составил 21,4 и 21,9 тыс. лет, а торфянистых прослоек из отложений, вложенных в тилл позднеледниковых террас, — от 14,3 до 12,2 тыс. лет. Это позволило получить «геохронологическую вилку» и впервые в СССР прямо обосновать возраст последнего ледникового максимума [9; 10]. При помощи  $^{14}\text{C}$  датирования, спорово-пыльцевого и карпологического методов В. Г. Ауслендеру с соавторами удалось доказать, что вне пределов распространения последнего оледенения под голоценовыми и позднеледниковыми отложениями залегают водно-осадочные и субаэральные отложения, нижняя часть которых надежно сопоставляется с разрезом Гражданский проспект в Ленинграде — будущим стратотипом ленинградского горизонта среднего валдая [9–14].

Геологосъемочные работы 1960-х гг. на территории Вологодской области позволили В. Г. Ауслендеру с соавторами предложить одну из известных (всего их известно 34! [15]) реконструкций положения юго-восточного края ледника в максимум последнего оледенения с языками в котловине оз. Кубенское и в Молого-Шекснинской низменности на акватории современного Рыбинского водохранилища [11; 12; 16], разделить валдайскую ледниковую эпоху на три части [12]: ранний (70–55 тыс. л. н.), средний (55–21 тыс. л. н.), поздний валдай (21–10 тыс. л. н.). Ими были сделаны два принципиальных вывода. Во-первых, «...краевые формы раннего валдая в современном рельефе не выражены», а во-вторых, по геолого-геоморфологическим признакам выделяется только четыре валдайских комплекса «...краевых зон: бологовско-едровской, вепсовской, крестецко-лужско-невской и сальпаусселья, имеющих фазальный характер» [12, с. 175] (курсив авторов). Возраст крестецко-лужско-невской краевой зоны они оценили в интервале 13,2–12,7 тыс. радиоуглеродных лет [11; 16]. Эти выводы 55-летней давности означали принципиальный отказ от господствовавших тогда представлений о максимальном ранневалдайском (калининском, подпорожском) оледенении и значительных (стадиальных) подвижках края ледника; они стали общепринятыми совсем недавно — уже в XXI в. Именно эти выводы легли в основу кандидатской диссертации В. Г. Ауслендера «Особенности строения четвертичной толщи и граница Валдайского оледенения в бассейне Верхней Сухоны» (Таллин, 1975 г.) [17].

В начале 1970-х гг. В. Г. Ауслендер с М. Е. Вигдорчиком, П. М. Долухановым, О. М. Знаменской, Л. А. Гайгеровой, Д. А. Аграновой и В. П. Геом опубликовали в тезисах и трудах симпозиума «Периодизация и геохронология новейшего этапа геологической истории» (Ленинград, ноябрь 1970 г.) две

совершенно оригинальные работы, не имевшие аналогов в советской литературе того времени [17; 18]. Да и сейчас по широте охвата, новизне фактического материала, тонким наблюдениям и, хотя и не бесспорным, но очень глубоким выводам, эти работы остаются вполне актуальными.

Их авторы выделили грязовецкие слои как «...переходные плиоцен-плейстоценовые образования» [16, с. 160], фиксирующие похолодание со сменой флоры с таксодиевыми на тепло-умеренную с *Tilia* и *Ulmus* и незначительным участием плиоценовых реликтов — *Tsuga*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Nyssa*, *Myrica* и *Liquidambar*. Именно такая флора характерна для раннего плейстоцена. Она реконструируется по спорово-пыльцевым данным из озерно-аллювиальных отложений свирского горизонта (выделен ими еще в 1964 г. на юге Карелии), который они сопоставили с вёксинским горизонтом Вологодской области. Авторы ошибочно полагали, «что в основаниях упомянутых горизонтов» морена «нигде не обнаружена», и считали, что «свирский горизонт соответствует предледниковью — периоду <...> предшествовавшему материковому оледенению» [16, с. 163]. Древнейший прионежский тилл в подошве свирского горизонта был выделен В. Г. Ауслендером по керну Пайской скважины уже при подготовке ко второму Межведомственному стратиграфическому совещанию по четвертичной системе Восточно-Европейской платформы (1983).

В результате, на конкретном фактическом материале по Вологодской области (В. Г. Ауслендер), востоку Ленинградской области и югу Карелии (М. Е. Вигдорчик) с учетом изотопно-кислородных кривых В. Дансгаарда и Ч. Эмилиани, работ С. Андерсона и В. Загвейна, орбитально-ротационных эффектов, гляциоэвстатических колебаний уровня моря, этот уникальный авторский коллектив смог обосновать переходные для того времени идеи о безледниковом похолодании около 2,5 млн лет назад и смене продолжительности климатических ритмов на рубеже раннего и среднего плейстоцена. Им удалось весьма убедительно показать связь молодых поднятий и развития дочетвертичной речной сети с оледенениями Фенноскандии. Как они писали, «образование древних долин, расчленяющих рельеф дочетвертичных пород на глубину более 200 м, является наиболее выразительным событием, маркирующим начало ледниковой эпохи, начало нижнего плейстоцена» [16, с. 160].

В 1971–1976 гг. В. Г. Ауслендер проводил комплексную геолого-гидрогеологическую съемку масштаба 1:200 000 бассейна р. Суда Вологодской области. Ее результатом стали карты четвертичных отложений на листах О-36-VI (Бабаево), О-36-XII (Чагода), О-37-I (Борисово-Судское) и О-37-II (Воскресенское). В декабре 1976 г. он был переведен в региональный отряд Невской геологоразведочной партии (далее — ГРП) Северо-Западного территориального геологического управления, где приступил к составлению геологической карты четвертичных отложений Ленинградской области масштаба 1:500 000.

Год спустя развернулось серьезное противостояние между областной строительной отраслью

и Ленинградским обществом охраны природы. В 1977 г. Ленинградское отделение института «Гидропроект» завершило разработку проекта комплекса защитных сооружений города от наводнений. Тогда же стал очевиден дефицит запасов песка и песчано-гравийной смеси (далее — ПГС) — в 1976 г. крупнейшее Мичуринское месторождение, связанное с крупной маргинальной ледниковой формой рельефа (гряда Мичуринская, или Вярмян-селька), было взято под охрану как памятник природы. Эта проблема обсуждалась на заседании в Ленинградском областном комитете КПСС в марте 1977 г. Как отмечал в своих дневниках И. И. Краснов, управление «Главленстройматериалы» «требовало предоставить 10 км<sup>2</sup> на территории Мичуринской гряды для разведки и последующей разработки», а Ленинградское общество охраны природы «опротестовало это ходатайство»<sup>1</sup>. По свидетельству И. И. Краснова, «ситуация на этом заседании была очень острой» и «был поставлен вопрос — где можно <...> вести поиски взамен Мичуринской гряды»<sup>1</sup>. Ответ предложил сам И. И. Краснов — в советской части краевой зоны Сальпаусселькя, которая «является геологическим аналогом (*Мичуринской гряды*, курсив авторов), и там тоже должны быть <...> перспективы на песчано-гравийные материалы»<sup>1</sup>.

Проект поисковых работ на ПГС в Ленинградской области и южной Карелии был разработан В. Г. Ауслендером в апреле–мае 1977 г. Под его руководством в июне–сентябре проведены полевые работы на территории Сортавальского и Лахденпохского районов Карельской АССР, а уже в конце октября министерская комиссия выехала, как писал И. И. Краснов, «ознакомиться с результатами этих работ»<sup>1</sup> и полностью подтвердила первоначальный прогноз.

Поисковые работы на ПГС под руководством В. Г. Ауслендера в северо-западном и северо-восточном Приладожье, а также в восточной части Ленинградской области продолжались с 1977 по 1982 г. Они велись с массовым использованием передовых технологий того времени — вертикального электрического зондирования и малоглубинной сейсморазведки, что позволило надежно выявлять и проследить полезную толщу, определяя ее мощность [19]. Суммарные запасы выявленных месторождений превысили 1 млрд м<sup>3</sup>, что впоследствии было подтверждено разведкой. Было обнаружено пять месторождений с запасами, превышающими 100 млн м<sup>3</sup> каждое. За единственным исключением — заповедного Мичуринского месторождения — до работ В. Г. Ауслендера столь крупные месторождения на Северо-Западе были неизвестны. Принципиальная проблема обеспечения песком и песчано-гравийным материаломстроек Ленинграда была решена: согласно расчетам института «Союзгипронеруд» 1978 г., для этого требовалось не менее 4 млн м<sup>3</sup> горной массы в год.

Главным научным результатом поисковых работ стало установление закономерностей локализации гравийно-песчаных отложений в связи с краевыми образованиями и разработка методики прогнозирования месторождений. Они, как правило,

приурочены к сочетанию двух-трех взаимосвязанных форм ледникового рельефа, например, маргинального оза и примыкающего к нему зандрового поля [19–21]. Поиском месторождений строительного песка и гравийно-песчаного материала на территории Ленинградской и Псковской областей, а также Карельской АССР В. Г. Ауслендер продолжал заниматься и в последующие годы — в 1984–1987 гг.

Итоги изучения квартала Европейской части СССР к началу 1980-х гг. были подведены в 1983 г. на Втором межведомственном стратиграфическом совещании по четвертичной системе Восточно-Европейской платформы (Ленинград — Полтава — Москва). На нем В. Г. Ауслендер, В. Г. Легкова, В. П. Гея, Л. А. Щукин, Е. П. Заррина, И. И. Краснов, Д. Б. Малаховский, Е. А. Спиридонова, И. М. Экман, В. Я. Евзеров, В. Н. Копылова представили Региональную стратиграфическую схему четвертичных отложений Севера и Северо-Запада Восточно-Европейской платформы (утверждена Межведомственным стратиграфическим комитетом в 1984 г.; [22]), которая, за единственным дополнением, используется до сих пор. В своем докладе на совещании В. Г. Ауслендер поддержал Н. С. Чеботареву — она последовательно отстаивала представления, восходящие к К. К. Маркову и Н. Н. Соколову, и считала, что ранневалдайское (калининское или подпорожское в схеме 1983 г.) оледенение не распространялось на Русскую равнину и не выходило за пределы Балтийского щита. Тем не менее в утвержденной схеме [22] принят ранневалдайский возраст максимального позднеплейстоценового оледенения, краевые образования которого (бологовская и едровская зоны) были отнесены к новому региональному подразделению — подпорожскому горизонту. Представления В. Г. Ауслендера и В. П. Гея отражены только в разделе «Особые мнения», где отмечено, что они «считают, что выделенные ранее бологовские и едровские слои <...> относятся не к нижнему валдаю (подпорожский горизонт), а к осташковскому (верхневалдайскому) горизонту и граница распространения верхневалдайских <...> отложений является границей максимального распространения» последнего оледенения [22, с. 24]. При этом, например, И. И. Краснов, Е. П. Заррина, Д. Б. Малаховский и Е. А. Спиридонова выделяли ранневалдайский тилл даже на территории Приневской низменности.

Справедливость представлений В. Г. Ауслендера, В. П. Гея и Н. С. Чеботаревой очевидна. И дело не в появлении новых данных. Уже в начале 1980-х гг. почти всем было понятно, что мгинская свита Приневской низменности имеет микулинский возраст, что в верхнем неоплейстоцене было всего одно межледниковье и что выше микулинского уровня в разрезах Северо-Запада залегает всего один, осташковский, тилл. Ранневалдайское (калининское/подпорожское) было «необходимо» в рамках стратиграфических схем С. А. Яковлева с тремя позднеплейстоценовыми межледниковьями

<sup>1</sup> Краснов И. И. Полевые дневники из поездки в Сортавальский и Лахденпохский районы. 24–27.10.1977.

(микулинское, молодого-шекснинское, мгинское) и его последователей — А. И. Москвитина, Н. И. Апухтина и И. И. Краснова с двумя (микулинское и молодого-шекснинское).

Для признания правоты В. Г. Ауслендера и коллег понадобилось более 30 лет. Это произошло в основном благодаря влиянию работ скандинавских исследователей, а также из-за ухода сторонников теории ранневалдайского оледенения, хотя эти представления сохраняются в виде «научных суеверий» в среде геологов-производственников и петербургских географов; например, они отражены на карте четвертичных отложений листа О-35, 36 (2012 г.).

В схеме 1983 г. оставался один пробел. К началу 1980-х гг. на Северо-Западе между отложениями пайского и свирского горизонтов нижнего плейстоцена достоверные ледниковые отложения известны не были [22, с. 15]. Хотя еще Д. Б. Малаховский в докторской диссертации (1972 г.) описал тиллы — кореляты донского горизонта, перекрытые свирскими межледниковыми отложениями в разрезах Онежско-Ладожского перешейка. Однако при разработке схемы 1983 г. эти данные сочли ненадежными.

В 1986 г. (в год опубликования схемы 1983 г.) в ходе геологической съемки северной части Тихвинского бокситоносного района в скважине на р. Урья у д. Лукино вскрыт мощный тилл между отложениями пайского и свирского горизонтов, детально изученными при помощи спорово-пыльцевого метода (палинологи — Э. С. Плешивцева, Е. С. Малясова и В. И. Семичева). Так пробел в схеме 1983 г. был заполнен, и второй нижнеплейстоценовый ледниковый горизонт Северо-Запада получил название «урьинского». Урьинские ледниковые, флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения в ранге горизонта, слоев с географическим названием и свиты при участии В. Г. Ауслендера были включены в легенды Ильменской и Тихвинско-Онежской серий 1987 и 1999 гг.<sup>1</sup> [23–26]. Урьинский горизонт оставался условно валидным подразделением до Постановления Межведомственного стратиграфического комитета 2002 г.

С 1984 г. В. Г. Ауслендер работал в Ленинградской комплексной геологической экспедиции (далее — ЛКГЭ), где стал одним из основных исполнителей работ по изучению геологического, гидрогеологического и инженерно-геологического строения территории Ленинграда и Ленинградской области, включая составление карт четвертичных отложений и глав объяснительных записок ГК-1000 листа (О-35), 36 (Ленинград, 1989 г.). В 1986 г. Всеволод Георгиевич награжден медалью «Ветеран труда».

В 1988 г. Главленархитектура Ленгорисполкома в рамках реализации Генплана развития города инициировала работы по комплексному геологическому, гидрогеологическому и инженерно-геологическому доизучению территории Большого Ленинграда и его окрестностей масштаба 1:50 000. Согласно заданию, утвержденному ПГО «Севзапгеология» в 1990 г., работы предусматривали геологическое картирование дочетвертичных и четвертичных отложений с составлением геологических карт на площади, соответственно, 4100 и 2700 км<sup>2</sup>.

Ответственным исполнителем был назначен В. Г. Ауслендер, возглавивший Невский отряд Невской ГРП ЛКГЭ. Сроки работ по Невскому объекту устанавливались с мая 1990 г. по октябрь 1994 г.; проведение полевых работ планировалось в 1990, 1991, 1992 и 1993 гг. Из них только два первых полевых сезона были проведены в условиях стабильного финансирования. С началом кризиса выполнение запланированных работ превратилось в настоящий трудовой подвиг. Спасала положение лишь собственная производственная база (транспорт, буровые, лабораторные мощности, в том числе палеофитологическая лаборатория Э. С. Плешивцевой). Но только до тех пор, пока в отрасли оставались люди — задержки и без того мизерных зарплат привели к тому, что из первоначального состава отряда от начала до конца работ осталось всего два человека. Работы затянулись на 10 лет и завершились в 2001 г. Фактические объемы выполненных работ оказались ниже запланированных только в части геофизических исследований (30%), колонкового бурения (40%) и некоторых видов лабораторных работ (70%). Однако это не сказалось существенно на результате — было создано уникальное обобщение, основанное на новом фактическом материале и очень тонких геолого-геоморфологических наблюдениях. Карты и отчет В. Г. Ауслендера были и остаются непревзойденными примерами высококлассного изучения четвертичных отложений Петербургского региона<sup>2</sup>. Он надеялся подготовить на их основе монографию, но, к сожалению, не хватило сил. Его отчет стал настольной книгой для всех, кто занимается четвертичными отложениями или инженерной геологией города. Материалы В. Г. Ауслендера часто встречаются в атласах, учебниках и статьях, иногда даже без ссылки на автора.

Еще до завершения работ по Невскому объекту В. Г. Ауслендер с Э. С. Плешивцевой и С. С. Горшковой (1998 г.) опубликовали исчерпывающую сводку по среднему валдаю Приневской низменности, побережья Финского залива и юга Карельского перешейка (разрезы Молодежное, Васкелово, Бугры, Торфяное, Осинная Роща, Энколово, проспект Луначарского, Красная Горка, Ижорский завод, Келколово и др.) [27]. В этих разрезах были выявлены все пыльцевые зоны Svd1–Svd7, а данные диатомового анализа позволили установить неоднократные изменения глубины крупного озерного палеобассейна, существовавшего в акватории современного Финского залива и на территории Приневской низменности на протяжении всего среднего валдая.

В 1997 г. под руководством М. Н. Афанасова начались работы по геологической съемке масштаба

<sup>1</sup> Легкова В. Г. Отчет по теме «Составление сводных легенд к Государственной геологической карте четвертичных отложений м-ба 1:50 000 территории деятельности СЗПГО и составление атласа пыльцы, спор, диатомей» // Росгеолфонд, 1987. № 360562.

<sup>2</sup> Ауслендер В. Г., Андреева Н. Г., Боровикова Н. А. [и др.] Отчет о комплексном геологическом, гидрогеологическом и инженерно-геологическом доизучении масштаба 1:50 000 с общими поисками и геоэкологическим картированием территории г. Санкт-Петербурга и его окрестностей // Росгеолфонд, 2001. № 44715.

1 : 200 000 территории Карельского перешейка. Автором карт четвертичных отложений листов Р-36-XXXI (Всеволожск) и Р-36-XXV (Приозерск) стал В. Г. Ауслендер. Эти работы были завершены в 2002 г.; Всеволожский лист издан только в 2021 г.

В 1999 г. два знатока квартера Вологодской области — В. Г. Ауслендер и В. П. Гей вместе со своим неизменным соратником Э. С. Плешивцевой выступили с инициативой о проведении научного мероприятия, посвященного изучению краевых образований последнего оледенения на территории Вологодской области — ключевого региона, где оказалось возможным решение остро дискуссионных проблем границ оледенений, их возраста и гляциодинамики древних ледниковых покровов. Их поддержали Петербургская (бывшая Ленинградская) комплексная геологическая экспедиция, Четвертичная комиссия РАН, администрация Вологодской области и Российский фонд фундаментальных исследований. К организаторам присоединились выдающийся петрозаводский геолог-четвертичник И. Н. Демидов и корифеи Геологической службы Финляндии М. Саарнисто и Ю. П. Лункка, которые к тому времени уже успели внести заметный вклад в изучение последнего оледенения региона.

В результате с 23 по 28 июня 2000 г. в г. Кириллов состоялся полевой международный симпозиум «Проблемы стратиграфии четвертичных отложений и краевые ледниковые образования Вологодского региона (Северо-Запад России)», приуроченный к 300-летию горно-геологической службы России. В его работе, включая трехдневные экскурсии, приняли участие 52 ученых из России и 17 исследователей из Эстонии, Латвии, Литвы, Польши и Финляндии. К симпозиуму был издан путеводитель [15] в виде небольшой коллективной монографии, где были представлены новейшие на тот момент материалы по геологии, геоморфологии, стратиграфии и геохронологии квартера Вологодской области,

а также описания объектов полевых экскурсий — ныне широко известных разрезов на р. Ема у д. Воскресенское, Пучка-1 и 2, Ирхино, Шадрино и некоторых других. Этот симпозиум стал крупным событием в научной жизни российских четвертичников, истосковавшихся за 1990-е гг. по полевым экскурсиям, острым дискуссиям по актуальным проблемам и новым данным по принципиальным вопросам.

В начале 2000-х гг. в отрасль стало возвращаться финансирование, а вместе с ним пришли и новые люди. В Петербургской экспедиции на долгие годы были свернуты геологосъемочные работы — их выполняли другие организации; геологическая жизнь в здании на ул. Одоевского замерла. В. Г. Ауслендер, проработавший всю жизнь в Ленинградской (Петербургской) экспедиции и называвший себя ее патриотом, тяжело переживал ее упадок. В новых условиях он оказался невостребованным: консультировал строителей и проектировщиков, в том числе в связи с аварийной ситуацией на участке метрополитена между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества», участвовал в создании гидрогеологической карты Ленинградского артезианского бассейна, написал несколько статей [28–31]. Его трудовая деятельность завершилась в апреле 2009 г.

Всеволод Георгиевич Ауслендер — выдающийся исследователь квартера Северо-Запада России — ушел из жизни 19 марта 2024 г. после продолжительной болезни. В жизни — человек страстный и увлекающийся, в науке — строгий и принципиальный: он никогда не стеснялся писать отрицательные отзывы на неудачные диссертации или ставить низкие оценки в рецензиях на отчеты. Был трижды женат, отец двоих дочерей. Похоронен Всеволод Георгиевич в семейном некрополе Ауслендеров на Богословском кладбище в Санкт-Петербурге.

Н. А. Боровикова, М. В. Шитов

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ В. Г. АУСЛЕНДЕРА

1. Вигдорчик М. Е., Ауслендер В. Г., Знаменская О. М., Соколов Н. Н., Саммет Э. Ю., Спиридонова Е. А., Савинов Ю. А., Котлукова И. В., Калугина Л. В., Клейменова Г. И., Лаврова М. А., Плешивцева Э. С., Хомутова В. И., Черемиснова Е. А. Сводный стратиграфический разрез четвертичных отложений Северо-Запада Европейской территории СССР по данным новейших исследований // Тезисы докладов к Совещанию по стратиграфии и палеогеографии четвертичных отложений Северо-Запада Европейской части РСФСР, Ленинград, 21–22 апр. 1964 г. Л., 1964. С. 1–2.
2. Ауслендер В. Г. Основные черты стратиграфии четвертичных отложений и палеогеографии Молого-Шекснинской низины // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР. Вып. 5. Л.: Недра, 1966. С. 215–232.
3. Ауслендер В. Г. Морфологические и генетические особенности террасовых поверхностей Молого-Шекснинской низины близ г. Череповца // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР. Вып. 5. Л.: Недра, 1966. С. 233–240.

4. Ауслендер В. Г. История развития Молого-Шекснинского озера // История озер Северо-Запада: материалы I симп. по истории озер Северо-Запада СССР, Ленинград, 17–20 нояб. 1965 г. / отв. ред. С. В. Калесник. Л., 1967. С. 201–209.
5. Ауслендер В. Г., Гей В. П. История развития Кубено-Сухонской озерной впадины в плейстоцене и голоцене // Материалы II симпозиума по истории озер Северо-Запада СССР, Минск, 23–28 мая 1967 г. Минск, 1967. С. 10–13.
6. Ауслендер В. Г., Смирнов В. И. Морфоструктуры района Кубенского озера и Данило-Грязовецкой возвышенности // Структурно-геоморфологические исследования при нефтегазопроисловых работах: (материалы совещ.) / науч. ред. Ю. Н. Кулаков, А. Н. Ласточкин. Л., 1969. С. 160–163.
7. Фаустова М. А., Ауслендер В. Г., Гричук В. П., Смирнов В. И., Мальгина Е. А. Деградация валдайского оледенения и позднеледниковая история Балтийского и Белого морей. Вологодская область // Последний ледниковый покров на Северо-Западе Европейской части СССР: к VII конгр. INQUA, Париж, 1969 / гл. ред. И. П. Герасимов. М.: Наука, 1969. С. 192–214.
8. Бреслав С. Л., Вигдорчик М. Е., Ауслендер В. Г. Кайнозойские отложения. Четвертичная система // Геологический

путеводитель по каналу им. Москвы и Волго-Балтийскому водному пути им. В. И. Ленина. Л. : Наука, 1968. С. 60–77.

9. Ауслендер В. Г., Арсланов Х. А., Гаркуша В. И. К вопросу о стратиграфии и геохронологии позднеплейстоценовых отложений Кубено-Сухонской низины и прилегающих водоразделов // Периодизация и геохронология плейстоцена : материалы к симп., Ленинград, 16–20 нояб. 1970 г. Л., 1970. С. 92–95.

10. Арсланов Х. А., Ауслендер В. Г., Громова Л. И., Зубков А. И., Хомутова В. И. Палеогеографические особенности и абсолютный возраст максимальной стадии валдайского оледенения в районе Кубенского озера // Доклады Академии наук СССР. 1970. Т. 195, № 6. С. 1395–1398.

11. Вигдорчик М. Е., Ауслендер В. Г., Знаменская О. М., Долуханов П. М. Новые радиоуглеродные датировки озерных осадков на Северо-Западе РСФСР и геохронологическая шкала последнего оледенения // Труды Всесоюзного симпозиума по основным проблемам пресноводных озер, Вильнюс, 25–29 мая 1970 г. Т. 2. История озер. Вильнюс, 1970. С. 5–32.

12. Вигдорчик М. Е., Ауслендер В. Г., Знаменская О. М., Долуханов П. М. Новые данные о развитии валдайского оледенения и его краевых зон // Краевые образования материковых оледенений / отв. ред. Г. И. Горецкий, Д. И. Погуляев, С. М. Шик. М. : Наука, 1972. С. 166–176.

13. Ляпкина А. А., Ауслендер В. Г. Геологическое строение Сокольского района. Четвертичные отложения // Природные условия и ресурсы Вологодской области (Сокольский район). Вологда, 1972. С. 16–27.

14. Вигдорчик М. Е., Заррина Е. П., Краснов И. И., Ауслендер В. Г. Северо-Запад и Центр Европейской части СССР. Поздний плейстоцен // Геохронология СССР. Т. 3. Новейший этап (поздний плиоцен — четвертичный период) / отв. ред. В. А. Зубаков. Л. : Недра, 1974. С. 55–75.

15. Гей В. П., Ауслендер В. Г., Демидов И. Н., Киселева В. Б., Лунка Ю. П., Плешивцева Э. С., Саарнисто М. Проблемы стратиграфии четвертичных отложений и краевые ледниковые образования Вологодского региона (Северо-Запад России) : материалы междунар. симп., Кириллов, июнь 2000 г. М. : ГЕОС, 2000. 99 с.

16. Вигдорчик М. И., Ауслендер В. Г., Долуханов П. М., Знаменская О. М., Резник В. С., Агранова Д. А., Гайгерова Л. А. Геохронология и периодизация плейстоцена северо-запада Русской равнины // Проблемы периодизации плейстоцена : материалы симп., Ленинград, 16–19 нояб. 1970 г. Л., 1971. С. 138–168.

17. Ауслендер В. Г. Особенности строения четвертичной толщи и граница Валдайского оледенения в бассейне Верхней Сухоны : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Таллин, 1975. 31 с.

18. Вигдорчик М. Е., Ауслендер В. Г., Долуханов П. М., Знаменская О. М., Гайгерова Л. А., Агранова Д. А., Гей В. П. Геохронологическое и ритмостратиграфическое расчленение плейстоцена Северо-Запада Русской равнины // Периодизация и геохронология плейстоцена : материалы к симп., Ленинград, 16–20 нояб. 1970 г. Л., 1970. С. 72–80.

19. Ауслендер В. Г., Попов М. И. Методика прогнозирования и основные результаты поисков месторождений песка и песчано-гравийного материала в Ленинградской области и Южной Карелии // Четвертичная геология и геоморфология : к XI конгр. ИНКВА : тр. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-та им. А. П. Карпинского. Т. 319. Л., 1982. С. 101–110.

20. Auslender V., Saltikova T. Patterns in location and quality of sand and gravel deposits in the junction of the Fen-

noscandian Shield and Russian Platform in southern Russian Karelia // Contribution to the origin of Quaternary deposits and their resources in Finland and the northwestern part of the Russian Federation / Eds. R. Kujansuu, M. Saarnisto : Geol. Survey of Finland. Spec. Paper 24, Pt. 1 : Text. Espoo, 1997. P. 31–34.

21. Краснов И. И., Малаховский Д. Б., Ауслендер В. Г., Котлукова И. В. Гляциальная теория и ее практическое применение на территории северо-запада Восточноевропейской равнины // Палеогеография и полезные ископаемые плейстоцена севера Евразии. Л. : ГО СССР, 1986. С. 12–18.

22. Ауслендер В. Г., Легкова В. Г., Гей В. П., Щукин Л. А., Заррина Е. П., Краснов И. И., Малаховский Д. Б., Спиридонова Е. А., Экман И. М., Евзеров В. Я., Копылова В. Н. Север и Северо-Запад Восточно-Европейской платформы // Решение 2-го Межведомственного стратиграфического совещания по четвертичной системе Восточно-Европейской платформы (Ленинград — Полтава — Москва, 1983 г.) с региональными стратиграфическими схемами / науч. ред. И. И. Краснов, Е. П. Заррина. Л. : ВСЕГЕИ, 1986. С. 14–25.

23. Насонова Л. Д., Ауслендер В. Г., Саммет Э. Ю., Яновский А. С. Сводная легенда Ильменской серии Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 200 000 / под ред. К. Э. Якобсона. Л. : ЛГЭ ПГО «Севзапгеология», 1987. 43 с.

24. Курбатова Н. Г., Яновский А. С., Саммет Э. Ю., Ауслендер В. Г. Сводная легенда Тихвинско-Онежской серии Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 200 000 / под ред. А. И. Зоричевой и К. Э. Якобсона. Л. : ЛГЭ ПГО «Севзапгеология», 1987. 68 с.

25. Яновский А. С., Ауслендер В. Г., Буслович А. Л., Насонова Л. Д., Саммет Э. Ю., Скибина Л. Б. Легенда Ильменской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 / под ред. В. П. Кирикова. 2-е изд. СПб. : ВСЕГЕИ, 1999. 99 с.

26. Яновский А. С., Ауслендер В. Г., Буслович А. Л., Насонова Л. Д., Саммет Э. Ю., Скибина Л. Б. Легенда Онежской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 (издание второе) / под ред. К. Э. Якобсона. 2-е изд. СПб. : ВСЕГЕИ, 1999.

27. Ауслендер В. Г., Плешивцева Э. С., Горшкова С. С. Озерные бассейны среднего валдая на территории г. Санкт-Петербурга и его окрестностей // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины / гл. ред. В. А. Румянцев. СПб. : Наука, 1998. С. 99–111.

28. Ауслендер В. Г., Яновский А. С., Кабаков Л. Г., Плешивцева Э. С. Новое в геологии Санкт-Петербурга // Минерал. 2002. № 1. С. 51–58.

29. Ауслендер В. Г., Котлукова И. В., Малаховский Д. Б., Насонова Л. Д., Саммет Э. Ю., Яновский А. С. Геологическое положение Санкт-Петербурга и вклад геологов в его становление // Геологи — 300-летию Санкт-Петербурга. СПб., 2003. С. 3–22.

30. Ауслендер В. Г., Плешивцева Э. С. Современные представления о строении толщи квартала суши г. Санкт-Петербург и его окрестностей // Сборник статей сотрудников ФГУП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция», посвященный 60-летию организации. СПб., 2011. С. 82–87.

31. Плешивцева Э. С., Ауслендер В. Г., Шитов М. В. Шестдесят лет изучения нижнего плейстоцена Северо-Запада России: результаты и перспективы // Пути эволюционной географии : материалы II всерос. науч. конф., посвящ. памяти проф. А. А. Величко, Москва, 22–25 нояб. 2021 г. М. : Ин-т географии, 2021. С. 831–836.

## Маршрут длиною в жизнь

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского по праву гордится выдающимися учеными, чьи труды заложили основу современных представлений о геологии нашей страны. Журнал «Региональная геология и металлогения» продолжает рубрику, посвященную ветеранам геологии, внесшим значительный вклад в изучение недр России и ближайшего зарубежья.

8 октября 2024 г. исполнилось 80 лет ведущему специалисту Отдела геологии урановых месторождений и радиоэкологии Центра прогнозно-металлогенических исследований Института Карпинского Владимиру Зиновьевичу Фуксу.

После окончания геологического факультета Ленинградского государственного университета в 1968 г. В. З. Фукс был зачислен геологом в Отдел специальной металлогении Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (ныне — Институт Карпинского). С этого момента его профессиональная деятельность была неразрывно связана с изучением урановых месторождений и металлогении урана.

Первые исследования проводились в урановорудных районах Северного Казахстана. С 1972 по 1992 гг. в составе большой группы исполнителей из специализированных организаций России (Москва, Ленинград), Казахстана и Узбекистана Владимир Зиновьевич принимал активное участие в изучении глубинного строения Казахстана и отдельных регионов Средней Азии на основе комплексных геолого-геофизических работ, в том числе сейсмических исследований с применением подземных ядерных взрывов, занимая должность начальника партии. В результате был создан комплект геолого-геофизических карт и разрезов Казахстана и Средней Азии, включая металлогеническую карту районирования на уран с выделением перспективных площадей. Одновременно В. З. Фукс отвечал за выполнение работ по программе «Изучение закономерностей распределения радиоактивных элементов в разрезе сверхглубокой Мурунтауской скважины (С-10) в Узбекистане».

В 2006–2008 гг. в соответствии с договором о научном сотрудничестве между Всероссийским научно-исследовательским геологическим институтом им. А. П. Карпинского и компанией AREVA/COGEMA (Франция) Владимир Зиновьевич, как ответственный исполнитель, составил карту ураноносности территории Российской Федерации. Аналогичные работы были продолжены для территорий Казахстана и Узбекистана.



С 2011 по 2013 гг. по договору с ОАО «Зарубежгеология» выполнены прогнозно-геологические работы по оценке рудоносности Исламской Республики Иран, а в 2013 г. подготовлен отчет «Перспективы ураноносности Эфиопии».

С 2012 по 2017 гг. по договору с Вьетнамским научно-исследовательским институтом геологии и полезных ископаемых (VIGMR) выполнялись работы по «Оценке уранового потенциала Вьетнама». Проведено металлогеническое районирование на уран, рассмотрены типовые геолого-структурные обстановки локализации уранового оруденения, а также разработаны критерии прогнозирования и поисковые признаки ожидаемых геолого-промышленных типов эндогенных и экзогенных урановых месторождений. В 2017–2018 гг. проведены исследования эпигенетических изменений и литолого-фациальных особенностей рудовмещающих пород месторождения урана Па Лыа — Па Ронг в прогибе Нонг Шон (Центральный Вьетнам). В дальнейшем прогнозно-геологические работы были сосредоточены на территории Северо-Западного Вьетнама в рамках темы «Подготовка сводной легенды к геологической карте и сводной легенды к карте полезных ископаемых и закономерностей их размещения масштаба 1:250 000 и прогноз скрытого

оруденения с выделением перспективных площадей под поиски промышленных месторождений (Sb, Sn, W, Cu, Ni, Au)».

Полученный опыт успешно применялся при составлении предварительного многослоевого ГИС-проекта «Карта закономерностей размещения и прогноза на уран территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000» (2024 г.). В. З. Фукс является одним из авторов «Практического руководства по составлению среднемасштабных прогнозно-металлогенических карт ураноносных районов» (2024 г.), одобренного Научно-редакционным советом Института Карпинского.

Помимо урана, в сферу профессиональных интересов В. З. Фукса входят и другие рудные полезные ископаемые. В соавторстве с коллегами из Отдела

геологии урановых месторождений и радиоэкологии он участвовал в подготовке и издании монографии «Торий. Металлогения, минерально-сырьевая база, перспективы использования» (2021 г.), а также статьи «Эпохи формирования и типы месторождений лития зарубежных стран» (2022 г.) и др.

**Уважаемый Владимир Зиновьевич!**

*Отметим, что безмерно Вы богаты.  
Богатство — Ваша мудрость, сила, ум.  
Пусть юбилей, за ним другие даты,  
Способствуют рождению новых дум.*

Коллеги, семья, друзья, товарищи

Научный журнал Федерального государственного бюджетного учреждения  
«Всероссийский научно-исследовательский геологический  
институт им. А. П. Карпинского»

«Региональная геология и металлогения»  
("Regional'naya Geologiya i Metallogeniya" / "Regional Geology and Metallogeny")  
ISSN 0869-7892 (Print)  
<https://reggeomet.elpub.ru/>

## Требования к структуре и оформлению рукописей статей в научный журнал

Отправляя статьи в редакцию научного журнала, автор(ы) соглашается(ются) с правилами для авторов, порядком рецензирования и этическими принципами научных публикаций, размещенными на сайте журнала «Региональная геология и металлогения» (<https://reggeomet.elpub.ru/>).

При подготовке рукописи статьи на русском или английском языке необходимо использовать шрифт текста Arial, размер 12 пт, межстрочный интервал 1,5, абзацный отступ 1,25 см, форматирование по ширине, все поля 20 мм; страницы должны быть пронумерованы.

**Структура рукописи** (в одном текстовом документе в формате \*.doc / \*.docx) должна содержать: титульные сведения на русском и английском языках, основной текст статьи, список источников на русском и английском языках, дополнительные сведения об авторах. Файл рукописи должен быть назван так: «Фамилия первого автора. Текст».

**1. Титульные сведения на русском языке** на отдельных строках:

1.1. *Название рубрики журнала:* РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ или МЕТАЛЛОГЕНИЯ.

1.2. *Тип статьи* (например, «научная статья» или «рецензия на статью»).

1.3. *Индекс УДК.*

1.4. *Название статьи*, кратко и точно отражающее ее содержание (первое слово приводится с прописной буквы, остальные слова — со строчной).

1.5. *Имя, отчество и фамилия автора(ов).*

1.6. *Наименование организации, название города и страны* в полной форме (без обозначения организационно-правовой формы).

1.7. *Электронный адрес автора, ответственного за переписку* (без слова "e-mail").

1.8. *Аннотацию* объемом 150–250 слов, включающая основную тему исследования, его цель, методы, основные результаты и выводы; она должна отражать новизну, научное и практическое значение.

1.9. *5–7 ключевых слов* и (или) словосочетаний (через запятую), соответствующих теме статьи и отражающих ее предметную, терминологическую область.

1.10. *Благодарности* организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь

в подготовке статьи (при наличии); сведения о грантах, финансировании подготовки и публикации статьи (при наличии).

1.11. *Библиографическую запись для цитирования.*

**2. Титульные сведения на английском языке**, которые соответствуют п. 1.

Для названий рубрик журнала используются слова "REGIONAL GEOLOGY" или "METALLOGENY"; для примеров *типа статьи* — "original article" или "review article".

*Инициалы и фамилию автора(ов)* предоставляют в транслитерированной форме на латинице; обычно используется стандарт транслитерации BGN.

**3. Основной текст статьи:**

3.1. *Максимальный объем статьи* — от 16 000 до 40 000 знаков с пробелами, включая иллюстрации, таблицы и список источников.

3.2. Каждая статья содержит *разделы*: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты», «Обсуждение» и «Заключение»; допускается деление основного текста статьи на другие тематические рубрики и подрубрики.

3.3. *Заголовки* внутри статьи размещают на отдельной строке.

3.4. *Единицы измерения* соответствуют системе СИ, а используемые сокращения (кроме общепринятых) раскрыты в тексте.

3.5. Простые математические или химические *символы и формулы* имеют свою нумерацию и ссылки в тексте (их располагают на отдельной строке), сложные представляют с использованием редактора формул Microsoft Equation.

3.6. Текст статьи содержит *иллюстрации* (рисунки, схемы, диаграммы), которые имеют свою нумерацию и ссылки в тексте (например, «(рис. 1)» ... «(рис. 2)»).

3.7. *Разрешение* фотографий и полутонных иллюстраций — не менее 300 dpi; векторных иллюстраций — 600 dpi.

3.8. *Цветные графические материалы* ориентированы на четырехкрасочную печать (CMYK); черный цвет шрифта и линий задается параметром 100 % Black.

3.9. Для *сохранения масштаба и пропорций объектов* целесообразно представить иллюстрации шириной 8 или 16,9 см, высотой до 24,9 см; размеры букв

и цифр на иллюстрациях, выполненные шрифтом Arial / Arial Narrow, должны быть не менее 2 мм, толщина линий — не менее 0,2 мм; на всех осях графиков указывают откладываемые величины и единицы их измерения.

3.10. *Оригинал* каждой иллюстрации (рисунка, схемы, диаграммы) и таблицы дополнительно предоставляют в отдельных файлах. Иллюстрации сохраняют в форматах: \*.cdr (CorelDRAW до версии 15.0), \*.pdf, \*.eps, \*.tiff или \*.jpg (качество изображения — 12); таблицы и подписи иллюстраций — \*.doc, \*.docx. Каждый файл должен быть назван так: «Фамилия первого автора. Рис. 1», «Фамилия первого автора. Табл. 1».

3.11. Таблицы максимального размера 16,9 × 24,9 см набирают шрифтом 9 пт, через один интервал; графы таблицы разделяются вертикальными линиями.

3.12. *Подписи иллюстраций* (например, «Рис. Номер. Название») и названия таблиц, их источники приводят на русском и английском языках; для объединенных рисунков требуется общая подпись (например, «Рис. 1, а», «Рис. 1, б»). Надписи и подписи к иллюстрациям и таблицам должны содержать буквы латинского, а не кирилловского алфавита (например, «a, b, c, d», а не «а, б, в, г»). Оригиналы объединенных рисунков не должны содержать буквы латинского алфавита; буквы, расположенные справа внизу от рисунка, должны быть включены только в основной текст статьи.

Для отправки рецензентам прикладывается единый файл в формате \*.doc / \*.docx или \*.pdf, включающий текст, иллюстрации и таблицы.

#### 4. Список источников на русском языке:

4.1. Включает расположенные в порядке цитирования 10–30 научных источников, в том числе желательно зарубежных.

4.2. Оформляют в виде пронумерованных затекстовых библиографических ссылок по ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

4.3. *Отсылки на источники* оформляют в квадратных скобках, указывая порядковый(ые) номер(а) источника(ов) и при необходимости цитируемую страницу (например, [12; 37], [6, с. 149]).

5. **Список источников на английском языке**, нумерация которых соответствует п. 4 и оформляется согласно требованиям, принятым в журнале.

#### 6. Дополнительные элементы на русском языке на отдельных строках:

6.1. *Дополнительные сведения об авторе(ах)*: имя, отчество и фамилия автора(ов); ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), должность, полное название места работы, рабочий адрес (улица, дом, населенный пункт, страна, индекс); идентификационные номера (при наличии): ORCID, Scopus Author ID, ResearcherID (Web of Science), SPIN-код автора (РИНЦ); *контактные данные автора(ов)*: контактный телефон, адрес электронной почты.

6.2. Сведения о вкладе каждого автора.

6.3. Указание об отсутствии или наличии конфликта интересов и детализация.

7. **Дополнительные элементы на английском языке**, которые соответствуют п. 6.

#### Контактные данные журнала

**Адрес редакции:** 199106, Россия, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74

**Телефон редакции:** +7 (812) 328-90-90, доб. 2323

**E-mail:** izdatel@karpinskyinstitute.ru



Редакционная коллегия



Текущий выпуск

## Приглашаем авторов и рецензентов к сотрудничеству

**Издательство ФГБУ «Институт Карпинского»** специализируется на выпуске научной, учебной и художественной литературы. Издаются как книги российских авторов, так и переводная литература. Преобладают научные издания. Книги выходят в свет в бумажном и электронном видах.

Издательство поддерживает распространение литературы на территории России, стран ближнего и дальнего зарубежья. В прайс-листе издательства более 400 наименований бумажных книг.

Издательство активно пополняет библиотечные фонды, сотрудничая напрямую с библиотеками разных уровней: РНБ, ВГБ и др.

Фирменная торговля осуществляется через «Книжный салон Карпинского» Санкт-Петербургской картографической фабрики. Торговая точка расположена в центре Васильевского острова по адресу Средний пр., д. 72. Основной ассортимент магазина составляет продукция Картографической фабрики — книги, журналы, а также сувенирная продукция с символикой ФГБУ «Институт Карпинского».

Для продвижения имиджа ФГБУ «Институт Карпинского» и популяризации издаваемой книжно-журнальной и сувенирной продукции издательство участвует в семинарах и выставках.

В числе наиболее успешных и популярных мероприятий — ежегодный «Международный книжный салон», проходящий на Дворцовой площади. Издательство традиционно принимает в нем участие, представляя на своем стенде выпущенную литературу и символику института.

### НЕПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

Издательство выпускает тематические атласы, художественную литературу и продолжающиеся серии книг:

- «Уникальные геологические памятники России»;
- монографии ФГБУ «Институт Карпинского»;
- информационные бюллетени ФГБУ «Институт Карпинского»;
- практические руководства ФГБУ «Институт Карпинского»;
- «Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий».

По итогам международных и российских мероприятий, проводимых в ФГБУ «Институт Карпинского», ежегодно издаются сборники тезисов и докладов, материалы конференций, специальные выпуски и дайджесты. Все материалы индексируются в РИНЦ.

### НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ»

Журнал издается с 1993 года и выходит ежеквартально (четыре раза в год) в печатном и электронном видах с полноцветными рисунками на русском и английском языках.

В журнале публикуются научные статьи, рецензии, информационные сообщения и пр. по следующим научным специальностям ВАК (геолого-минералогические науки):

- 1.6.1. Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика.
- 1.6.2. Палеонтология и стратиграфия.
- 1.6.3. Петрология, вулканология.
- 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.
- 1.6.5. Литология.
- 1.6.9. Геофизика.
- 1.6.10. Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.
- 1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Статьи для публикации, оформленные согласно руководству для авторов, принимаются через электронную форму подачи статей на сайте журнала.

Журнал индексируется в РИНЦ (eLIBRARY ID: 9029) и включен в перечень ВАК РФ («Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук»).

Размещен в электронной базе данных GeoRef и в электронно-библиотечной системе КиберЛенинка. Подана заявка на вступление в RSCI.

Каждой статье присваивается индекс DOI (префикс издательства — 10.52349).

Полнотекстовый архив журнала «Региональная геология и металлогения» (2013 — текущий год) размещен в открытом доступе на ресурсах: ResearchGate, Academia.edu, Google Scholar.

REGIONAL GEOLOGY AND METALLOGENY

# РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Российский научный журнал | Russian scholarly journal | Том 32 | № 4 (104)

«**Региональная геология и металлогения**» — отраслевой рецензируемый журнал, в котором публикуются статьи, посвященные результатам регионального геологического изучения недр России и ближайшего зарубежья, выявлению закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых, данным минерагенических, стратиграфических, палеонтологических, геохимических и других специализированных исследований.

*Учредитель и издатель:*

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского».

Журнал издается с 1993 года и выходит ежеквартально (четыре раза в год) в печатном и электронном видах с полноцветными рисунками на русском и английском языках.

**Научный журнал «Региональная геология и металлогения»** включен в национальную библиографическую базу данных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, в Единый государственный перечень научных изданий — Белый список научных журналов, в электронную базу GeoRef.

## ПОДПИСКА В ОТДЕЛЕНИЯХ СВЯЗИ

Подписка на научный журнал осуществляется через печатный каталог подписного агентства «Урал-Пресс» (подписной индекс — 015348)

По вопросам приобретения печатного номера журнала обращаться в издательство по тел.: +7 (812) 328-90-90, доб. 2323

Regional Geology  
and Metallogeny  
ISSN 0869-7892



9 770869 789200