Ноябрь, 2019 г., № 11 (299)

Вестник

Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Научно-информационное издание, основанное академиком Н. П. Юшкиным в 1995 г.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ журнала (2018) – ***0,350***

Содержание

Научные статьи

Новые схемы изобаз поднятия северо-востока Фенноскандии за последние 10 тысяч лет
Д. С. Толстобров, В. В. Колька 3

Позднедевонское событие Верхний Кельвассер в глубоководных отложениях западного склона Приполярного Урала (разрез по р. Кожым)
М. А. Соболева, Д. Б. Соболев 9

Эволюция первых девонских лесов
К. Берри 20

О создании Международной минералогической ассоциации и Комиссии по космической минералогии: из архива Д. П. Григорьева
Ю. Л. Войтеховский 25

Хроника, события, факты

Форум молодых исследователей
(XXVIII научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента») 32

У истоков открытия флюоритовой провинции
(к 90-летию Галины Александровны Марковой) 34

Судьба геолога
(к 100-летию со дня рождения Н. Н. Кузькоковой) 36

Памяти А. Ф. Кунца
(к 80-летию со дня рождения) 38

Новые издания 39

Главный редактор А. М. Асхабов**, зам. главного редактора** О. Б. Котова**,**
ответственный секретарь Т. М. Безносова**, тех. редактор** Г. Н. Каблис**, зав. редакцией** Т. А. Некучаева

Редакционный совет — 2019:

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

November, No. 11 (299), 2019

Vestnik

Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS

Scientific information edition founded by Academician N. P. Yushkin in 1995

*Five-year RSCI impact factor (2018) — **0.350***

Content

Scientific articles

New schemes of isobases of uplift of northeastern Fennoscandia for the last 10,000 years
D. S. Tolstobrov, V. V. Kolka 3

The Late Devonian Upper Kellwasser Event in the deep-water deposits of the western slope of the Subpolar Urals (Kozhym River section)
M. A. Soboleva, D. B. Sobolev 9

The evolution of the first forests in the Devonian
C. M. Berry 20

On the creation of the International Mineralogical Association and Commission on Cosmic Mineralogy: from D. P. Grigoriev's arkhive
Yu. L. Voytekhovsky 25

Chronicle, events, facts

Forum of young researchers
(The 28th scientific conference "Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment") 32

At the origins of the fluorite province discovery
(on the occasion of Galina Aleksandrovna Markova's 90th Anniversary) 34

Geologist's destiny
(on the occasion of N. N. Kuz'kokova's 100th Anniversary) 36

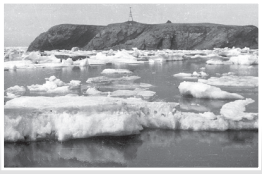
Remembering A. F. Kunts
(on the occasion of his 80th Anniversary) 38

New editions 39

Chief Editor A. M. Askhabov, **Deputy Chief Editor** O. B. Kotova,
Executive Editor T. M. Beznosova, **Technical Editor** G. N. Kablis, **Managing Editor** T. A. Nekuchaeva

2019 Editorial Board:

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



Арктический вектор геологических исследований
Arctic vector of geological research

УДК 551.334 DOI: 10.19110/2221-1381-2019-11-3-8

НОВЫЕ СХЕМЫ ИЗОБАЗ ПОДНЯТИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА ФЕННОСКАНДИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 10 ТЫСЯЧ ЛЕТ

Д. С. Толстобров, В. В. Колька
Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты
tolstobrov@geoksc.apatity.ru

На основании данных об амплитуде поднятия, полученных при изучении донных осадков изолированных бассейнов северо-востока Фенноскандии, были построены новые схемы изобаз. Поднятие оценивалось за последние 10 тыс. лет. Для построения схем изобаз поднятия были использованы интерполяционные (*триангуляция с линейной интерполяцией*, *метод естественной окрестности*, *метод локальных полиномов*) и геостатистические (*кригинг*) методы. Установлено, что наиболее пригодные результаты моделирования схем изобаз поднятия при данном количестве данных отмечаются при построении методами *естественной окрестности* и *кригинга* с линейным дрифтом. На схемах отражен куполообразный характер поднятия земной поверхности. Максимальная амплитуда поднятия — более 120 м — отмечается на юго-западе района исследования.

Ключевые слова: *голоцен, гляциоизостазия, схемы поднятия, интерполяционное и геостатистическое моделирование, северо-восток Фенноскандии.*

NEW SCHEMES OF ISOBASES OF UPLIFT OF NORTHEASTERN FENNOSCANDIA FOR THE LAST 10,000 YEARS

D. S. Tolstobrov, V. V. Kolka
Geological Institute, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences, Apatity

Based on data of the uplift amplitude, obtained from the study of bottom sediments of isolated basins of northeastern Fennoscandia, new schemes of isobases of the uplift were constructed. The uplift was estimated for the past 10,000 years. Interpolation (*Triangulation with Linear Interpolation*, *Natural Neighbor*, *Local Polinomial*) and geostatistical (*kriging*) methods were used to construct the schemes if isobases of the uplift. It was determined that the most acceptable results of modeling the isobases of uplift, based on a given amount of data, were obtained using the methods *Natural Neighbor* and *Kriging* with linear drift. The schemes show the domed character of the uplift of the earth's surface. The maximum amplitude of the uplift (more than 120 meters) is noted in the southwest of the study area.

Keywords: *Holocene, glacioisostasia, uplift schemes, interpolation and geostatistical modeling, northeastern Fennoscandia.*

После деградации последнего оледенения в конце плейстоцена территория северо-востока Фенноскандии испытывает поднятие, затухающее во времени. Долгое время для определения амплитуды и характера поднятия изучались древние береговые образования (береговые валы, террасы и др.) [6, 7, 10 и др.]. Отсутствие данных об абсолютном возрасте береговых форм затрудняло их корреляцию в разных частях побережья, что приводило к различным интерпретациям амплитуды и характера поднятия. Существовало несколько схем изобаз позднеледникового и голоценового поднятий северо-востока Фенноскандии, различающихся между собой (рис. 1, a—e).

С конца XX века для определения поднятия земной поверхности применяется метод изолированных бассейнов [18], который основан на определении пространственного и временного положения переходной зоны от моря к пресному озеру, в колонках донных отложений из котловин озер. Данный метод позволяет для небольшого района исследования определить амплитуду и скорость поднятия земной поверхности. Такие работы выполнены на берегах Баренцева [16—20] и Белого [2—5] морей. На основании этих данных построена схема изобаз поднятия земной поверхности северо-восточной части Фенноскандии (рис. 1, f) [11]. Необходимо отметить, что построение схемы изобаз поднятия выполнялось вручную. Характер изобаз на схеме показывает общее сводовое поднятие. В районе Кандалакшского залива Белого моря сводовое гляциоизостатическое поднятие осложнено тектоническими движениями, связанными здесь с активностью Кандалакшского и Колвицкого грабенов в голоцене [1], и выражено на схеме искривлением изобаз (рис. 1, f). Во внутренних частях и на самом востоке района исследования положение изобаз вызывает сомнение из-за отсутствия данных и показано пунктирными линиями (рис. 1, f).

В последнее время были получены новые данные об амплитуде поднятия земной поверхности Кольского региона (северо-восток Фенноскандии) [12—14]. На основании появившихся и ранее известных данных с использованием различных методов компьютерного моделирования были построены новые схемы изобаз поднятия северо-востока Фенноскандии за последние 10 тыс. лет. Также для определения наиболее подходящего метода моделирования проведено их сопоставление между собой и с ранее построенной схемой, представленной на рисунке 1, f.

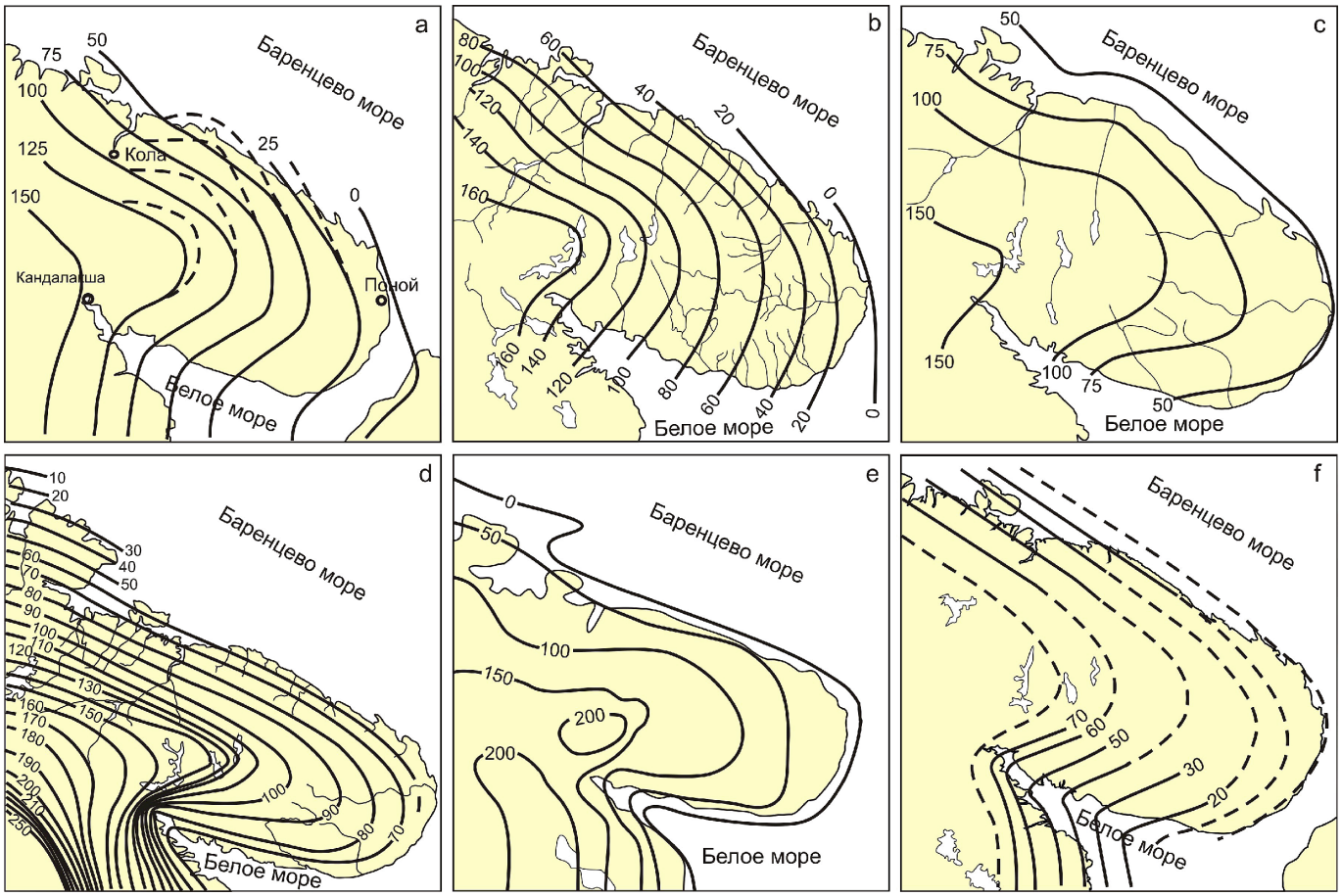


Рис. 1. Схемы изобаз поднятия северо-востока Фенноскандии:
a—e — построенные по данным изучения береговых форм рельефа (a — [6]; b — [7]; c — [10]; d — [6]; e — [9]); f — построенная по данным изучения донных отложений озерных котловин [11]. Каждая линия отражает значение амплитуды поднятия в метрах

Fig.1. Schemes of isobases of uplift of northeastern Fennoscandia:
a—e — constructed according to the study of coastal landforms (a — [6]; b — [7]; c — [10]; d — [6]; e — [9]); f — constructed according to the study of sediments in lake basins [11]. The magnitude of the amplitude of the uplift is indicated in meters

Материалы и методы моделирования. Для построения изобаз поднятия земной поверхности были использованы данные, полученные методом изолированных бассейнов на территории Кольского региона, Карелии, а также Северной Норвегии. На рисунке 2, а показаны районы, для которых выполнены работы по изучению перемещения береговой линии моря. Для этих районов установлены амплитуда и характер поднятия земной поверхности в голоцене. Данные об амплитуде поднятия земной поверхности за 10 тыс. лет для каждого района приведены в таблице 1. Моделирование схем изобаз поднятия выполнялось в программе Surfer (Golden Software, Inc.).

Было выполнено построение схем изобаз интерполяционными и геостатистическими методами для дальнейшего сопоставления их с уже известной схемой изобаз и выявления наиболее приемлемых результатов моделирования. При построении схем анизотропия данных не учитывалась. Для построения схем изобаз поднятия были использованы несколько методов, описанных кратко в работе Мальцева и Мухарамова [8]:

1) метод *триангуляции с линейной интерполяцией — Triangulation with Linear Interpolation*. Метод использует алгоритм построения триангуляции Делоне — разбиения области исследования на совокупность треугольников. Вершинами треугольников являются соседние точки выборки; точки соединяются таким образом, что ребра треугольников не пересекаются. Триангуляция является точным интерполяционным методом;

2) метод *естественной окрестности — Natural Neighbor*. Метод позволяет получать хорошие изолинейные карты по наборам данных, содержащим скопления выборочных точек в одних подобластях исследуемой территории и разреженные выборочные точки в других подобластях. Получаемая в произвольной точке оценка Z всегда будет заключаться в пределах диапазона значений в ближайших точках. В построенной модели не будет «пиков», «ям», «хребтов», «долин», которые не были бы представлены исходными данными. Метод является точным интерполятором;

3) метод *локальных полиномов — Local Polinomial*. Этот метод оценивает зависимость пространственной переменной Z от координат X, Y, при этом использует кусочно-полиномиальное интерполирование. Он строит полиномиальную регрессию Z на X, Y по данным, попавшим в поисковый эллипс с центром в заданной точке области исследования, получая таким образом полиномиальное приближение в локальной окрестности этой точки. Поисковый эллипс определяет размеры и форму локальной окрестности, в кото-

рой находятся точки данных при построении интерполяционной функции в заданном узле сети. Точки данных за пределами эллипса поиска не рассматриваются при интерполяции узла сети;

4) *кригинг (Kriging)* является геостатистическим методом, основывается на вероятностной модели, рассматривающей изучаемую пространственную переменную $Z(X, Y)$ как реализацию случайной функции $Z(X, Y)$. Такой подход позволяет учитывать пространственную корреляцию данных и дает возможность не только создавать модели поверхностей, но также получать оценку точности этих моделей.

Для применения метода кригинга предварительно должна быть определена модель вариограммы — меры пространственной корреляции данных. При построении схем изобаз поднятия использовалась линейная вариограмма. Точки, расположенные поблизости, имеют большую связь, чем те, которые расположены дальше. При росте расстояния вероятность взаимосвязи между значениями в точках измерений уменьшается, такая закономерность описывается линейной функцией.

Также при построении схем методом *кригинга* была использована функция *линейного дрифта*. Это функция предполагает, что в данных присутствует линейный тренд, и тогда оценка выполняется методом универсального *кригинга*. Без линейного дрифта оценка выполняется методом ординального *кригинга*.

Обсуждение схем изобаз поднятия. Разными методами были построены пять схем изобаз поднятия земной поверхности северо-востока Фенноскандии (рис. 2, b—f). Изобазы на схемах, полученных методом *триангуляции с линейной интерполяцией* (рис. 2, b) и методом *естественной окрестности* (рис. 2, c), имеют практически одинаковое положение. На баренцеворском побережье амплитуда поднятия за 10 тыс. лет изменилась с востока на запад от 20 до 40 метров. На беломорском побережье амплитуда поднятия увеличилась к вершине Кандалакшского залива, где её значение составляет 80 метров. На данных схемах видно, что на баренцевоморском побережье в районе Кольского залива происходит изменение направления изобаз. Если западнее Кольского залива изобазы идут вдоль береговой линии, то восточнее изобазы

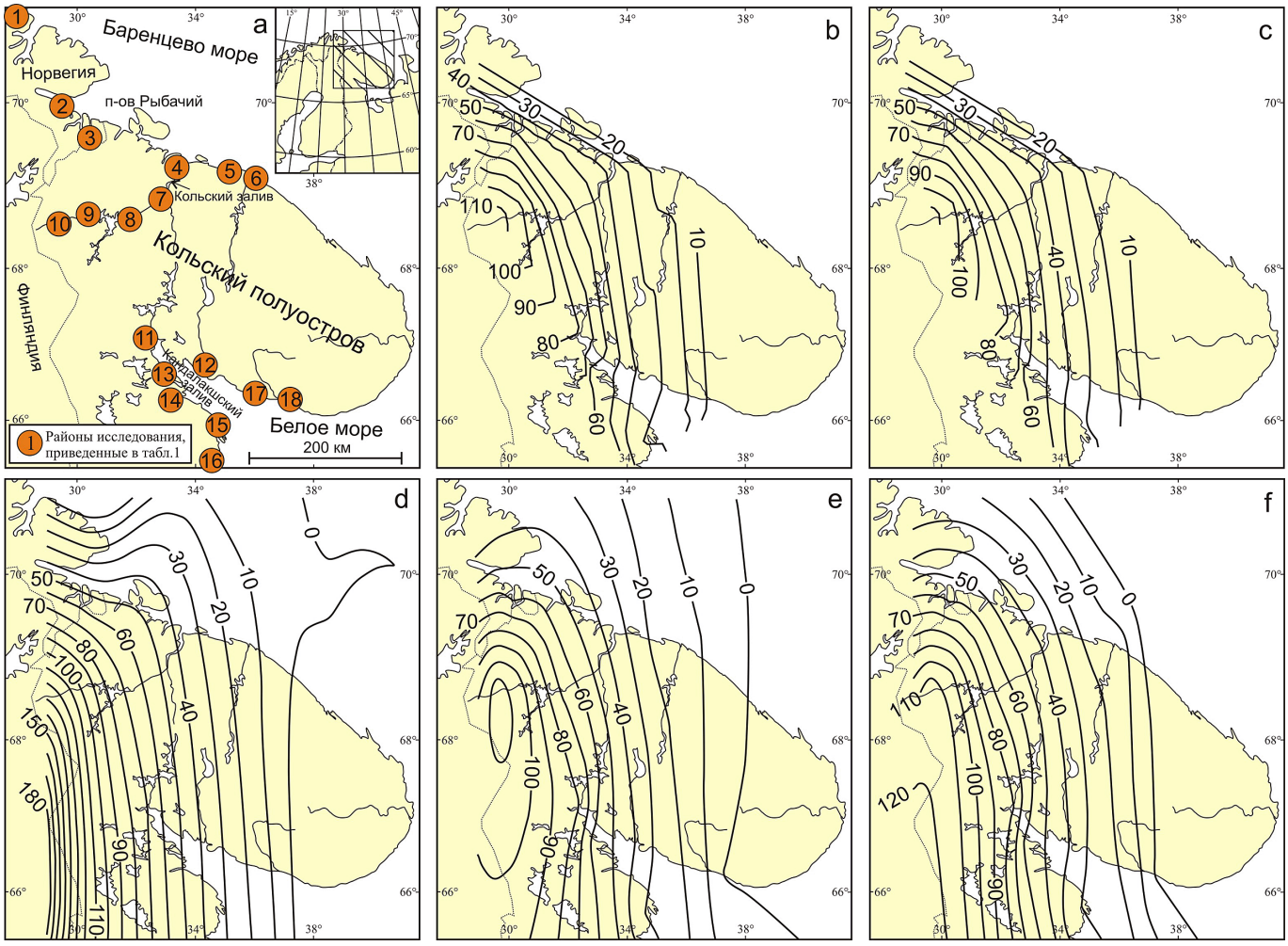


Рис. 2. a — район исследования, для которого выполнено моделирование схем изобаз поднятия за последние 10 тыс. календарных лет. Цифрами в красных кружках показаны районы из таблицы 1:
(b—f) — схемы изобаз поднятия, построенные разными методами (b — *триангуляция с линейной интерполяцией*, c — метод *естественной окрестности*, d — метод *локальных полиномов*, e — *кригинг*, f — *кригинг* с линейным дрифтом)

Fig. 2. (a) The study area for which modeling the schemes of isobases of uplift for the last 10,000 calendar years was carried out. Numbers in red circles show the areas from Table 1.
(b—f) Schemes of isobases of uplift, constructed by various methods (b — «*triangulation with linear interpolation*», c — the method of «*natural neighborhood*», d — the method of «*local polynomials*», e — «*Kriging*», f — «*Kriging*» with linear drift)

Данные для моделирования схем изобаз поднятия земной поверхности северо-востока Фенноскандии за 10 тыс. календарных лет

Data for modeling the isobases of the uplift of the earth's surface in northeastern Fennoscandia for the last 10000 calendar years

№	Район / Area	Координаты / Position		Амплитуда поднятия, м Uplift amplitude, m	Источник Source
		E	N		
1	п-ов Нордкин, Норвегия Nordkinn Peninsula, Norway	27,25	70,92	13,2	[19]
2	п-ов Варангерфьорд, Норвегия Varangerfjord Peninsula, Norway	28,94	70,08	42,0	[18]
3	г. Никель, Россия / Nikel City, Russia	30,19	69,64	60,0	[16]
4	г. Полярный / Polyarny City	33,40	69,19	36,0	[17]
5	пос. Териберка / Teriberka settl.	35,13	69,17	15,0	[14]
6	пос. Дальние Зеленцы / Dalniye Zelentsy settl.	36,02	69,11	14,0	[20]
7	г. Кола / Kola City	33,01	68,88	46,5	[12, 13]
8	пос. Верхнетуломск / Verkhnetulomsk settl.	31,83	68,70	65,0	[12, 13]
9	р. Лотта (устье) / Lotta River (mouth)	30,39	68,73	101,3	[12]
10	р. Лотта (среднее) / Lotta River (middle)	29,61	68,62	115,0	[12]
11	г. Кандалакша / Kandalaksha City	32,43	67,17	98,6	[11]
12	г. Умба / Umba City	34,20	66,69	41,2	[2]
13	пос. Лесозаводский / Lesozavodsky settl.	32,75	66,72	58,3	[11]
14	пос. Чупа / Chupa settl.	32,81	66,27	61,7	[5]
15	пос. Энгозеро / Engozero settl.	34,42	65,81	30,5	[4]
16	пос. Кузема / Kuzema settl.	34,24	65,36	46,5	[3]
17	мыс Корабль / Korabl Cape	36,51	66,20	15,0	[11]
18	р. Индера / Indera River	37,12	66,31	0,0	[11]

начинают пересекать берег. В восточной части района исследования из-за отсутствия данных изобазы не построены. При сопоставлении новых схем (рис. 2, b и рис. 2, c) с ранее построенной схемой (рис. 1, f) отмечено схожее положение линий в прибрежных частях. Это связано с тем, что основная часть районов, по которым строились изобазы, расположена на побережье. В пределах Кандалакшского залива Белого моря как на новых схемах, так и на ранее построенной схеме отмечается небольшое изгибание изобаз, что указывает на тектоническую активность в голоцене Кандалакшского и Колвицкого грабенов. Значительное расхождение между новыми и ранее построенной схемами отмечается во внутренней и восточной частях северо-востока Фенноскандии из-за небольшого количества данных либо их полного отсутствия.

Методом *локальных полиномов* была получена сглаженная схема изобаз поднятия (рис. 2, d). На схеме максимальная амплитуда поднятия достигает 180 м в юго-западной части района исследования. Как и на предыдущих схемах, на баренцевоморском побережье изменение направления изобаз происходит в районе Кольского залива. Схема хорошо сопоставляется с ранее построенной (рис. 1, f) и отражает общий характер поднятия земной поверхности, но при этом теряются локальные искривления линий, вызванные тектоническими особенностями определенных районов. Также отмечается некоторое расхождение значения амплитуды поднятия на баренцевоморском побережье: если на ранее построенной схеме амплитуда поднятия в районе полуострова Рыбачий составляла 20—30 м (рис. 1, f), то на данной схеме её значение увеличилось до 40—50 м (рис. 2, d).

Методом *кригинга* были построены две схемы изобаз (без дрифта (рис. 2, e) и с линейным дрифтом (рис. 2, f)). Как видно из построенных схем изобаз поднятия, разница в полученных результатах существенная только для районов, где данные об амплитуде поднятия отсутствуют (особенно для юго-западной части района исследования). В западной части района исследования на схеме изобаз (рис. 2, e) кольцевое замыкание изобаз со значением 100 и 110 метров может быть исключено. В направлении на юго-запад амплитуда поднятия продолжает возрастать вплоть до района Ботнического залива Балтийского моря, где её величина за 10 тыс. лет составляет примерно 240 метров [15]. В остальном эти новые схемы показывают куполообразный характер поднятия северо-восточной части Фенноскандии. Здесь аналогично схеме на рисунке 1, f в пределах Кандалакшского залива Белого моря отражено небольшое искривление изобаз поднятия, что связано с тектонической активностью. Однако при сопоставлении с ранее построенной схемой (рис. 1, f), как и на схеме *локальных полиномов* (рис. 2, d), в районе полуострова Рыбачий отмечается более высокое значение амплитуды поднятия (40—50 м) (рис. 2, f).

Таким образом, на полученных схемах наблюдается схожий характер поднятия земной поверхности. Видно, что поднятие имеет куполообразный вид, максимальная амплитуда отмечается на юго-западе района исследования (более 120 м). С запада на восток

происходит постепенное уменьшение величины поднятия. На всех схемах видно, что на баренцевоморском побережье в районе Кольского залива происходит изменение направления изобаз. Если западнее Кольского залива изобазы идут вдоль береговой линии, то восточнее изобазы начинают пересекать берег. По мнению авторов, это связано с характером деградации последнего ледникового покрова на данной территории.

Имеются и некоторые отличия в построенных схемах. В районе полуострова Рыбачий отмечается различное значение амплитуды поднятия земной поверхности. На одних схемах (рис. 2, b, c), так же как и на ранее построенной схеме (рис. 1, f), её значение составляет 20—30 метров, на других схемах (рис. 2, d—f) 40—50 метров. Также приличный разброс значения амплитуды поднятия и искривленный ход некоторых изобаз (нулевая изобаза) отмечается на юго-западе и востоке района исследования. Для решения этих вопросов необходимо продолжать исследования вертикальных движений земной поверхности северо-востока Фенноскандии.

Анализ новых схем изобаз поднятия, а также их сопоставление с ранее построенной схемой показал, что при данном количестве данных наиболее подходящим методом для построения являются методы *естественной окрестности — Natural Neighbor* и *кригинга* с линейным дрифтом. Однако отсутствие вычисления значения амплитуды поднятия на территориях, для которых отсутствуют данные, можно отнести к недостаткам метода *естественной окрестности*.

Выводы. На основании данных об амплитуде поднятия, полученных при изучении донных осадков изолированных котловин, были построены новые схемы изобаз. Установлено, что при небольшом количестве данных наиболее пригодные результаты моделирования схем изобаз поднятия отмечаются методами *естественной окрестности* и *кригинга* с линейным дрифтом. Из схем видно, что поднятие земной поверхности имеет куполообразный характер, амплитуда поднятия увеличивается в направлении на юго-запад Кольского региона, где её значение достигает более 120 м. В пределах Кандалакшского залива происходит искривление изобаз поднятия, что связано с тектонической активностью Кандалакшского и Колвицкого грабенов в этом районе в голоцене.

Работа выполнена в Геологическом институте КНЦ РАН (тема 0226-2019-0054) при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-05-00311-А и № 18-35-00054-мол_а.

Литература

1. *Балуев А. С., Журавлев В. А., Терехин Е. Н., Пржиялговский Е. С.* Тектоника Белого моря и прилегающих территорий: Объяснит. записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» масштаба 1:1 500 000. М.: ГЕОС, 2012. 104 с.

2. *Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я. Й., Корнер Г. Д.* Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене — голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия Российской академии наук. Серия географическая. М.: Наука, 2013. № 1. С. 73—88.

3. *Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С., Алексеева А. Н., Толстобров Д. С., Лаврова Н. Б.* Временная последовательность перемещения береговой линии Белого моря в голоцене по данным изучения донных отложений озер района Кузема (Северная Карелия) // Известия русского географического общества. 2014. Т. 146. Вып. 6. С. 14—26.

4. *Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б., Арсланов Х. А.* Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на Карельском берегу (район поселка Энгозеро, Северная Карелия) // ДАН. 2013. Т. 449. № 5. С. 587—592

5. *Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С., Толстоброва А. Н.* Восстановление относительного положения уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене по данным литологического, диатомового анализов и радиоуглеродного датирования донных отложений малых озер в районе пос. Чупа (Северная Карелия) // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18. № 2. С. 255—268.

6. *Кошечкин Б. И.* Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1979. 158 с.

7. *Лаврова М. А.* Четвертичная геология Кольского полуострова. Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 234 с.

8. *Мальцев К. А., Мухарамова С. С.* Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer): Учеб. пособие. Казань: Казанский университет, 2014. 103 с.

9. *Николаев Н. И.* Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 492 с.

10. *Никонов А. А.* Проблемы неотектоники северо-восточной части Балтийского щита // Тектонические движения и новейшие структуры земной коры. М.: Недра, 1967. С. 191—198.

11. *Система* Белого моря. Том IV. Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017.

12. Толстобров Д. С. Голоценовая тектоника северо-западной части Кольского региона: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук (спец. 25.00.01). Апатиты: Изд-во ФГБУН КНЦ РАН, 2018. 28 с.

13. Толстобров Д. С., Колька В. В., Толстоброва А. Н., Корсакова О. П. Опыт хронологической корреляции береговых форм рельефа голоценового моря в депрессии реки Тулома и Кольском заливе // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19. № 1/1. С. 142—150.

14. Толстобров Д. С., Толстоброва А. Н., Колька В. В., Корсакова О. П., Субетто Д. А. Возможные следы голоценовых цунами в озёрных донных отложениях в районе пос. Териберка (Кольский полуостров, Россия) // Труды КарНЦ РАН. № 9. Сер. Лимнология. Океанология. 2018. С. 92—102 DOI: 10.17076/lim865

15. Berglund M. Holocene shore displacement and chronology in Angermanland, eastern Sweden, the Scandinavian glacio-isostatic uplift centre // Boreas. 2004. Vol. 33. P. 48—60.

16. Corner G. D., Yevzerov V. Ya., Kolka V. V., Moller J. J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia // Boreas. 1999. Vol. 28. №1. P. 146—166.

17. Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Ya, Moller J. J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // Global and Planetary Change. 2001. Vol. 31. P.153—175.

18. Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway // Norsk geografisk Tidsskrift. 1977. Vol. 31. P. 103—128.

19. Romundset A., Bondevik S., Bennike O. Postglacial uplift and relative sea level changes in Finnmark, northern Norway // Quaternary Science Reviews. 2011. Vol.30. P.2398—2421.

20. Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia // Boreas. 1997. Vol. 26. P. 329—346.

References

1. Baluyev A. S., Zhuravlev V. A., Terekhin Ye. N., Przhiyalgovskiy Ye. S. *Tektonika Belogo morya i prilegayushchikh territoriy (Obyasnitelnaya zapiska k «Tektonicheskoy karte Belogo morya i prilegayushchikh territoriy» masshtaba 1:1 500 000).* (Tectonics of the White Sea and adjacent areas (The explanatory notes to "the Tectonic Map of the White Sea and Adjacent Areas", at a Scale of 1:1500 000)) Moscow: GEOS, 2012, 104 pp.

2. Kol'ka V. V., Yevzerov V. Ya., Moller Ya. Y., Korner G. D. *Peremeshcheniye urovnya morya v pozdnem pleystotsene — golotsene i stratigrafiya donnykh osadkov izolirovannykh ozer na yuzhnom beregu Kol'skogo poluostrova, v rayone poselka Umba* (The Late Weichselian and Holocene relative sea-level change and isolation basin stratigraphy at the Umba settlement, southern coast of Kola Peninsula). *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. Moscow: Nauka, 2013, No. 1, pp. 73—88.

3. Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Alekseyeva A. N., Tolstobrov D. S., Lavrova N. B. *Vremennaya posledovatel'nost' peremeshcheniya beregovoy linii Belogo morya v golotsene po dannym izucheniya donnykh otlozheniy ozer rayona Kuzema (severnaya Kareliya) (*Temporal sequence of the White Sea shoreline movement in Holocene according to the study of bottom sediments of lakes in Kuusema region (North Karelia)). Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva, 2014, V. 146, 6, pp. 14—26.

4. Kolka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Arslanov Kh. A. *Rekonstruktsiya otnositelnogo polozheniya urovnya Belogo morya v golotsene na Karel'skom beregu (rayon poselka Engozero, Severnaya Kareliya)* (Reconstruction of the relative White Sea level in the Holocene on the Karelian coast (near the village of Engozero, North Karelia)). Doklady Earth Sciences. Moscow: Nauka, 2013, V. 449. No. 5, pp. 587—592.

5. Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Tolstobrova A. N. *Vosstanovleniye otnositel'nogo polozheniya urovnya Belogo morya v pozdnelednikov'ye i golotsene po dannym litologicheskogo, diatomovogo analizov i radiouglerodnogo datirovaniya donnykh otlozheniy malykh ozer v rayone pos. Chupa (severnaya Kareliya)* (Reconstruction of the relative level of the White Sea during the Lateglacial — Holocene according to lithological, diatom analyses and radiocarbon dating of small lakes bottom sediments in the area of the Chupa settlement (North Karelia, Russia)). Vestnik MGTU. Murmansk: MGTU, 2015, V. 18, No. 2, pp. 255—268.

6. Koshechkin B. I. *Golotsenovaya tektonika vostochnoy chasti Baltiyskogo shchita* (Tectonics of the eastern part of the Baltic Shield during the Holocene). Leninrad: Nauka, 1979, 158 p.

7. Lavrova M. A. *Chetvertichnaya geologiya Kolskogo poluostrova* (The Quaternary geology of the Kola Peninsula). Leninrad: AS USSR, 1960, 234 p.

8. Mal'tsev K. A., Mukharamova S. S. *Postroyeniye modeley prostranstvennykh peremennykh (s primeneniyem paketa Surfer)* (Constructing spatial variable models (using the Surfer package)). Text book. Kazan: Kazan university, 2014, 103 p.

9. Nikolayev N. I. *Noveyshaya tektonika i geodinamika litosfery* (The newest tectonics and geodynamics of the lithosphere). Moscow: Nedra, 1988, 492 p.

10. Nikonov A. A. *Problemy neotektoniki severo-vostochnoy chasti Baltiyskogo shchita. In: Tektonicheskiye dvizheniya i noveyshiye struktury zemnoy kory (*Neotectonics problems of the northeastern part of the Baltic Shield). Moscow: Nedra, 1967, pp. 191—198.

11. The White Sea system. Volume IV. The processes of sedimentation, geology and history. Moscow, Scientific World, 2017, 1030 p.

12. Tolstobrov D. S. *Golotsenovaya tektonika severo-zapadnoy chasti Kol'skogo regiona* (Holocene tectonics of the northwestern Kola region). Ext. abstract of Cand. Sc. thesis. 25.00.01). Apatity: FGBUN KSC RAS, 2018, 28 p.

13. Tolstobrov, D. S., Kolka, V. V., Tolstobrova, A. N., Korsakova, O. P. 2016. Experience of the chronological correlation of the Holocene sea coastal landforms in the Tuloma River valley and the Kola Bay. *Vestnik MGTU,* 19, (1/1), pp. 142—150.

14. Tolstobrov, D. S., Tolstobrova, A. N., Kolka, V. V., Korsakova, O. P., Subetto, D. A. Putative records of the Holocene tsunami in lacustrine bottom sediments near the Teriberka settlement (Kola peninsula, Russia). Limnology and oceanology Series, (9), 2018, 92—102.

15. Berglund M. Holocene shore displacement and chronology in Angermanland, eastern Sweden, the Scandinavian glacio-isostatic uplift centre. Boreas., 2004, V. 33, pp. 48—60.

16. Corner G. D., Yevzerov V. Ya., Kolka V. V., Moller J. J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia. Boreas., 1999, V. 28, No.1, pp. 146—166.

17. Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Ya, Moller J. J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia. Global and Planetary Change, 2001, V. 31, pp.153—175.

18. Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway. Norsk geografisk Tidsskrift, 1977, V. 31, pp. 103—128.

19. Romundset A., Bondevik S., Bennike O. Postglacial uplift and relative sea level changes in Finnmark, northern Norway. Quaternary Science Reviews, 2011, V. 30, pp.2398—2421.

20. Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia. Boreas., 1997, V. 26, pp. 329—346.

УДК 551.734.5 (470.5) DOI: 10.19110/2221-1381-2019-11-9-19

THE LATE DEVONIAN UPPER KELLWASSER EVENT IN THE DEEP-WATER DEPOSITS OF THE WESTERN SLOPE OF THE SUBPOLAR URALS (KOZHYM RIVER SECTION)*

M. A. Soboleva, D. B. Sobolev
Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar; *matusha.888@mail.ru, dbsobolev@rambler.ru*

The Upper Kellwasser Event is recognized for the first time in the deep-water succession of the Kozhym River section on the Western slope of the Subpolar Urals, based on conodont biostratigraphy, lithological changes and positive shifts of the carbon isotope value ($\delta^{13}C$) across the Frasnian-Famennian (F-F) boundary interval. Conodonts are abundant in the Frasnian Upper rhenana Subzone, but show a low diversity at the level of transgressive Upper Kellwasser Event in the linguiformis Zone, and are almost absent in the Famennian subperlobata Zone. Black shale horizons associated with the global Upper Kellwasser Event were identified in the linguiformis Zone in the Kozhym River section. Positive shifts in the carbon isotope ratio during the linguiformis Zone to the Lower triangularis Subzone (lower part) are observed, similar to those reported from elsewhere around the world (positive $\delta^{13}C_{carb}$ shifts ~ from 3 to 4 ‰). The data obtained allow the black shales associated with the Upper Kellwasser Event and carbon isotope fluctuations to be precisely dated and correlated.

Keywords: *conodonts, Upper Kellwasser Event, Frasnian-Famennian boundary, Subpolar Urals, Kozhym River section.*

ПОЗДНЕДЕВОНСКОЕ СОБЫТИЕ ВЕРХНИЙ КЕЛЬВАССЕР В ГЛУБОКОВОДНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА (РАЗРЕЗ ПО Р. КОЖЫМ)

М. А. Соболева, Д. Б. Соболев
Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

На основании конодонтовой биостратиграфии, литологических изменений, а также положительных сдвигов значения изотопов углерода ($\delta^{13}C$) на пограничном франско-фаменском интервале в разрезе р. Кожым западного склона Приполярного Урала впервые обнаружено событие Верхний Кельвассер. Конодонты в изобилии присутствуют в интервале верхней подзоны rhenana во фране, но демонстрируют низкое разнообразие на уровне трансгрессивного события Верхний Кельвассер в зоне linguiformis и практически отсутствуют в интервале зоны subperlobala в фамене. В разрезе р. Кожым в зоне linguiformis выявлены горизонты черного сланца, связанные с событием Верхний Кельвассер, и наблюдаются положительные сдвиги значения изотопов углерода в интервале зон linguiformis — Lower triangularis (нижняя часть), аналогичные тем, о которых сообщалось в работах различных стран мира (положительный $\delta^{13}C_{carb}$ сдвиг ~ 3—4 ‰). Полученные данные позволяют точно датировать и коррелировать черные сланцы, связанные с событием Верхний Кельвассер и флуктуациями изотопов углерода.

Ключевые слова: *конодонты, событие Верхний Кельвассер, граница франа и фамена, Приполярный Урал, разрез по р. Кожым.*

Introduction

Many studies on the Devonian system [3, 12, 14, 18, 20—21, etc.] deal with the problem of event-stratigraphic levels in the Frasnian (Fig. 1, C). First of all, they concern the boundary deposits of the Frasnian-Famennian (F-F) — Upper Kellwasser Event (Fig. 1, C). The Upper Kellwasser Event is a globally widespread synchronous event with anoxic conditions developing in many oceanic settings during the linguiformis conodont Zone to the Lower triangularis conodont Subzone. Interest in that event has particularly increased in recent years, as an integrated approach to the study of biostratigraphy, lithology, and geochemistry has enabled more effective interregional correlations.

In different regions of the world, the Upper Kellwasser Event can be detected as a bioevent, a lithoevent and C-isotope event [3, 5, 12, 14, 20—21, etc.]. The sections of the F-F boundary interval represent different shelf facies zones of the North of Urals. The most complete profile interpreted from these sections is known in the southern part of the Chernyshev Ridge continuing up to the junction zone of the Yelets and Lemva facies zones in the Subpolar Urals. This profile covers the intrashelf depression, the bioherm structures of the shelf edge, the continental slope and its base [18]. This paper focuses on conodont stratigraphy, facies and carbonate carbon isotope study around the Upper Kellwasser Event in the Kozhym River section on the Western slope of the Subpolar Urals (Fig. 1, A, B). This section characterizes the intrashelf depression type of the Yelets facies zone and demonstrates an uninterrupted F-F boundary sequence.

Material and methods

The F-F boundary interval of the Kozhym River section was studied for biostratigraphy, lithology, and chemostratigraphy.

* Статья опубликована в рамках 9-го научного кафе. См. *Вестник* № 10, 2019.
The paper is published within the framework of the 9th Science Cafe. See *Vestnik* No. 10, 2019.

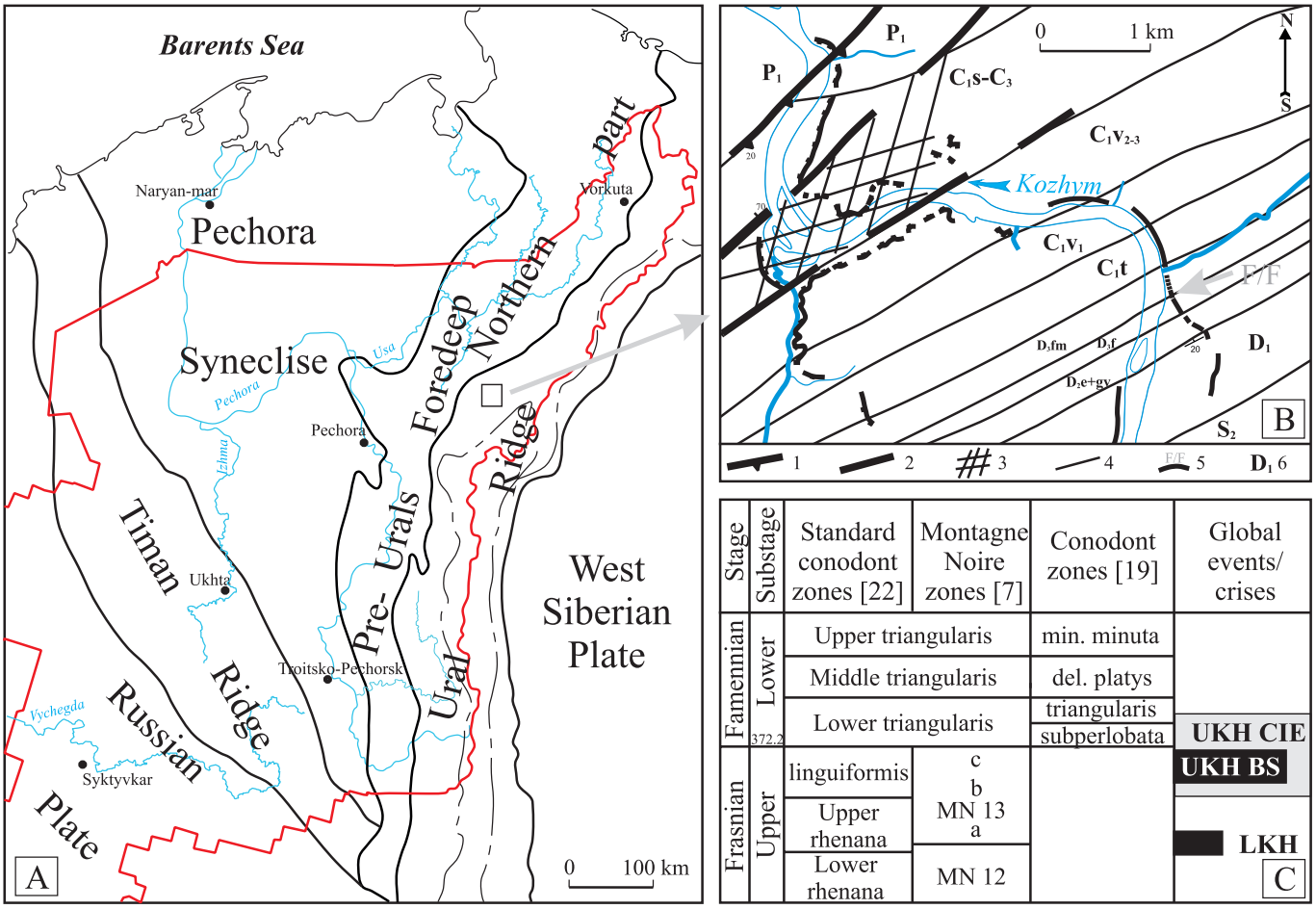


Fig. 1. A — Location of the studied area on the tectonic scheme of the Timan-Pechora Province; B — Locality map of the Frasnian-Famennian deposits on the Kozhym River. 1 — Main West Urals Thrust, 2 — sideshift thrusts, 3 — brecciation and recrystallization zones, 4 — stratigraphic boundaries, 5 — outcrops, 6 — age. C — Upper Frasnian to Lower Famennian correlation of conodont zones compared with the timing of global events. LKH — Lower Kellwasser Horizon, UKH BS — Upper Kellwasser Horizon, black shales interval, UKH CIE — Upper Kellwasser Horizon, carbon isotope excursion interval

Рис. 1. А — местонахождение района исследований на тектонической схеме Тимано-Печорской провинции; В — расположение франско-фаменских отложений по р. Кожым; 1 — Главный Западноуральский надвиг, 2 — взбросонадвиги, 3 — зона брекчирования и перекристаллизации, 4 — стратиграфические границы, 5 — обнажения, 6 — возраст. С — верхнефранская и нижнефаменская корреляция конодонтовых зон с глобальными событиями. LKH — горизонт Нижний Кельвассер, UKH BS — горизонт Верхний Кельвассер, интервал черных сланцев, UKH CIE — горизонт Верхний Кельвассер, интервал изотопных отклонений углерода

Conodonts provide a biostratigraphic framework for the studied succession. Conodonts were obtained from carbonate rocks by dissolving in 10 % buffered acetic acid. Clay rocks were soaked in water and washed through a 0.05—0.1 mm sieve. We processed more than 40 samples of 1 to 2 kg in weight. Conodont biofacies were established based on the identified distribution intervals of the prevailing taxa. The conodont elements obtained from the Kozhym River section are well preserved and have a conodont colour alteration index (CAI) between 4 and 5 (dark brown to black). The conodonts were photographed using a Tescan Vega 3 LMH scanning electron microscope.

Powders for isotopic-geochemical analysis, drilled mainly from the micrite part of carbonate rocks, as well as thin sections for analysis of lithotypes were made from all samples. The isotope data of carbonate rocks was studied in order to reconstruct the carbon and oxygen variation curves, to identify the features of changes in carbon and oxygen isotope composition, and to compare the data obtained with the results of studies of carbonate rocks from other sections of the world. Isotopic-geochemical analyzes were performed at the Geoscience Center of the Institute of Geology Komi SC UrB RAS (Syktyvkar, Russia) on an analytical complex that includes the Gas Bench II sample preparation and input system connected to the DELTA V Advantage mass spectrometer by Thermo Fisher Scientific (Bremen, Germany). The $\delta^{13}C$ values are reported relative to the PDB standard and $\delta^{18}O$ — to the SMOW standard. The collection of conodonts, thin sections and materials are housed in the A. A. Chernov Geological Museum of the Institute of Geology, coll. no. 492/3b, 492/5, 492/10 (Syktyvkar, Russia).

Results

The Kozhym River section (30 m thick), previously studied in detail [18], contains a large number of conodonts, ostracodes, radiolarians, sponge spicules, trilobites, brachiopods, bivalves, tentaculites, orthoceratids, ammonoids, etc. The rocks of the section contain all-skeletal remnants of free-floating marine organisms and thin-

shelled benthos, which are characteristic of a calm deep sedimentation environment. The lower part of the section (beds 1—12) is characterized by the presence of beds of organogenic and bioclastic mud-wacke-pack-grainstone (ammonoids, tentaculites and ostracodes) with a slight fine-grained admixture of shell detritus on a background of calcareous-clayey-siliceous sedimentation. The upper part of the section (beds 13—21) is mainly characterized by micritic carbonate-clay sedimentation (mud-wackestone) with an insignificant content of benthic organisms of fine preservation and with articulated shells. The rocks of the section contain organic matter, which gives them a dark gray, almost black color. The stratigraphic range of the section covers the interval from the lowermost Frasnian to the Lower Famennian (Lower falsiovalis — Lower triangularis conodont subzones). We focused on the F-F boundary interval and the corresponding lithological beds 20 and 21 (Upper rhenana — Lower triangularis conodont subzones).

Lithology

The lithological succession across the F-F boundary of the Kozhym River section is presented by beds 20 and 21 of the Vorota Formation. Below is a brief description of the section (Fig. 2):

Bed 20. Alternation of gray to dark-gray limestones and gray to black shales. Limestones are mostly microgranular (mud-wackestone) and unevenly recrystallized with a lumpy-patterned structure (Fig. 3). There are pelitic limestones (mudstone) with scattered bioclasts. In the upper part there is limestone with sulfide blotches of a lenticular form and black shales with black microgranular limestones lenses, and insignificant content of ostracodes, tentaculites, radiolarians and conodonts. The calcareous shales sometimes contain rare grains of quartz silt dimension, scattered organic matter, whole shells of benthic and plankton ostracodes and radiolarians. 2.9 m thick.

Bed 21. Dark-gray micro-fine-granular siliceous-clay-carbonaceous limestones (wacke-packstone, Fig. 3), containing whole skeletal remains of radiolarians, thin-walled ostracodes, brachiopods and conodonts. Some microgranular limestones demonstrate a clotted patterned structure. Fine-grained limestone (wackestone) shows the microlayered redistribution of stratified clay-carbonaceous material. Gray microlayered siliceous limestones lie at the top of the Bed 21. 2.7 m thick.

Pelitomorphic microgranular deposit indicates that sedimentation occurred in relatively deep-water environments, below the wave basis, which contributed to the accumulation of sludge material. The layering due to the subparallel distribution of fossils/interlayers saturated with clay or organic matter was probably caused by frequent changes in the hydrodynamic regime. Benthic organisms with fine preservation and articulated shells, such as ostracodes and brachiopods, indicate a quiet hydrodynamic regime. A large number of buried planktonic organisms cause increased organic matter content in the deposits. All these signs indicate a deep water deposition below the wave base.

The formation of clay-siliceous-carbonaceous sediments against a background of pure carbonate silts is interpreted as an increase in relative sea level. The formation of carbonate sediments with an admixture of middle-coarse-grained detrital material is interpreted as a decrease in relative sea level. The distribution of lithological types in the section allows reconstruction of sea level fluctuations. Three transgression-regression cycles can be recognized at the top of Bed 20 (Fig. 2).

Conodont biostratigraphy

Conodont distribution in the Vorota Formation of the Kozhym River section was analyzed. The standard conodont zonation [22] for Upper Frasnian and the conodont zonation [19] for Lower Famennian were used as a biostratigraphic framework. Abbreviations used: *And.* — *Ancyrodella, Anc.* — *Ancyrognathus, Icr.* — *Icriodus, Pal.* — *Palmatolepis, Pol.* — *Polygnathus.*

Upper Devonian, Frasnian. The Upper rhenana Subzone is recognized by the first occurrence of *Pal. subrecta* Miller et Youngquist and *Pal. gigas extensa* Ziegler et Sandberg in sample 107/27** (Fig. 4). It is represented by an interval more than 7 m thick. This subzone is almost equivalent to the 13a Montagne Noire Zone [7] and to the bogartensis conodont Zone [2]. The base of the Upper rhenana Subzone is defined by the first appearance of *Pal. rhenana rhenana* Bischoff in the standard conodont zonation. In the studied section, *Pal. rhenana rhenana* Bischoff firstly appears together with *Pal. juntionensis* Han much higher, in sample 106/2a. Predominantly, conodonts of *Palmatolepis* are abundant on the level of the Upper rhenana Subzone. The conodonts are dominated by *Pal. subrecta* Miller et Youngquist, *Pal. rhenana nasuta* Müller, *Pal. jamieae* Ziegler et Sandberg, *Pal. foliacea* Youngquist, *Pal. kireevae* Ovnatanova, *Pol. lodinensis* Polsler in the lower part of the Upper rhenana Subzone (Outcrop 107, after [18]). The conodonts are few, and dominated by *Pal. juntionensis* Han, *Pal. rhenana rhenana* Bischoff, *Pal. eureka* Ziegler et Sandberg, *Pal. ederi* Ziegler et Sandberg, *Pal. lyaiolensis* Khrustcheva et Kuzmin, *Pal. bogartensis* (Stauffer), *Pol. lodinensis* Polsler in the upper part of the Upper rhenana Subzone (Outcrop 106, after [18]). *Pal. subrecta* Miller et Youngquist is an additional marker of the base of the Upper rhenana Subzone [22]. This species is found at the base of the Upper rhenana Subzone in sections of Southern China [4] and the Subpolar Urals in Russia [18, 21]. Fig. 2 partially shows the interval of the Upper rhenana Subzone.

The linguiformis Zone is marked by the first occurrence of *Pal. linguiformis* Müller in sample 106/14 (Figs. 2, 5). It is represented by an interval about 0.8 m thick if we count before the first appearance of *Pal. subperlobata* Branson et Mehl in sample 106/23. The linguiformis Zone has been subdivided into a lower part defined by the total distribution range of *Pal. linguiformis* Müller and an upper part defined by the Ancyrognathus ubiquitous Zone [2]. These zones are equivalent to the Montagne Noire zones 13b and 13c [7]. In the studied section, conodonts are dominated by *Pal. linguiformis* Müller, *Pal. zhuravlevi* Soboleva, *Pal. juntionensis* Han, *Pal. ederi* Ziegler et Sandberg, *Anc. seddoni* Klapper and *Pol. lodinensis* Polsler (Fig. 5). This level is closely below the base of the Upper Kellwasser Event (global biological crisis), therefore it is characterized by a low conodont diversity. Most Frasnian conodonts became extinct in the upper part of this zone. The zone is recognizable worldwide [1, 4, 13, 16, 18, 21—22, etc.].

Upper Devonian, Famennian. The subperlobata Zone is recognized by the first occurrence of *Pal. subperlobata* Branson et Mehl in sample 106/23 (Figs. 2, 6). It is represented by an interval about 0.7 m thick. The subperlobata Zone [19] is equivalent to the lower part of the Lower tri-

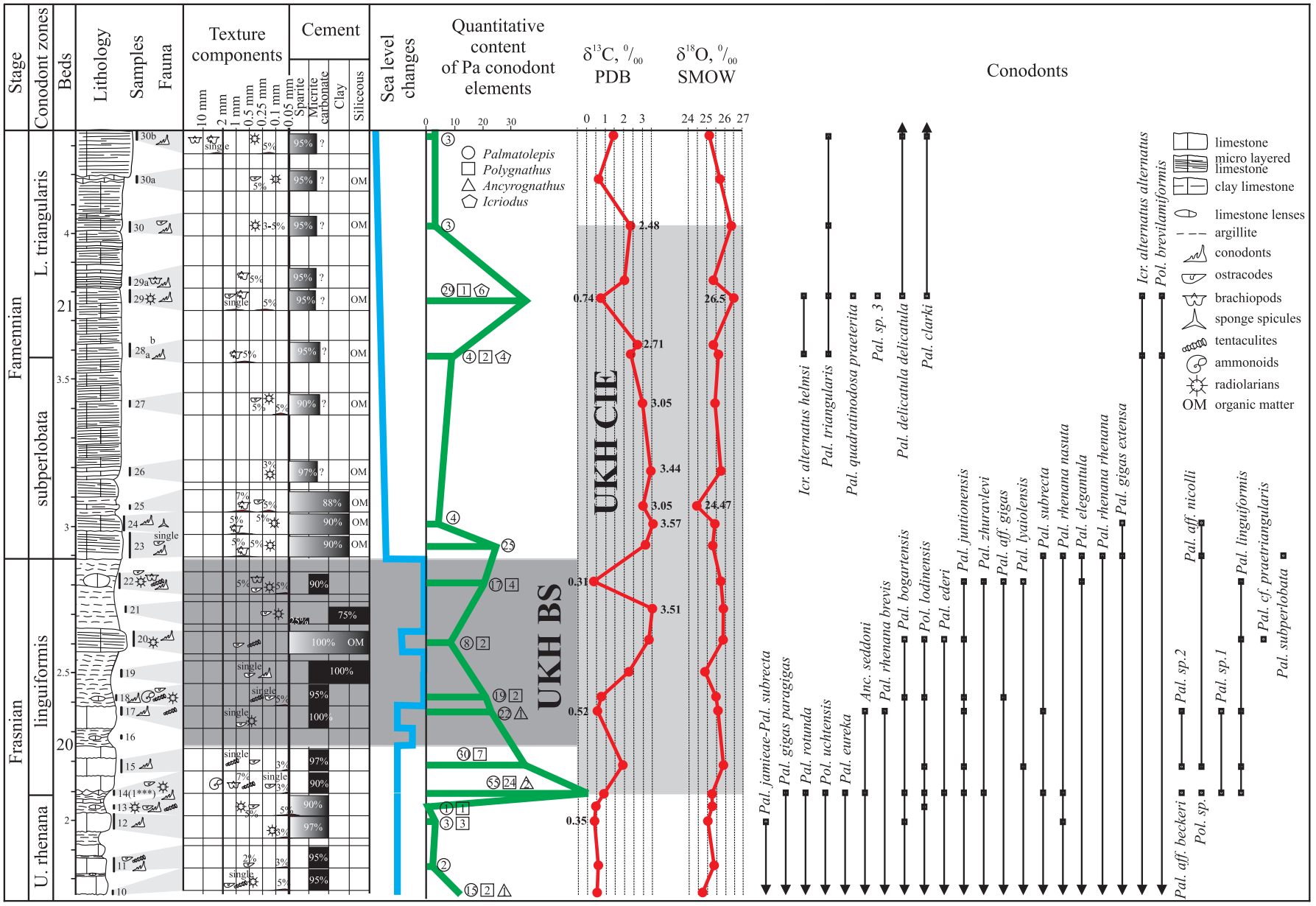


Fig. 2. Detailed log of the Kozhym River section with structural components, relative sea level curve, conodont distribution, and carbon and oxygen isotope records at the level of the transgressive Upper Kellwasser Event

Рис. 2. Детальная литостратиграфическая колонка разреза р. Кожым со структурными компонентами, кривой относительного изменения уровня моря, распределением конодонтов, изотопами углерода и кислорода на уровне трансгрессивного события Верхний Кельвассер

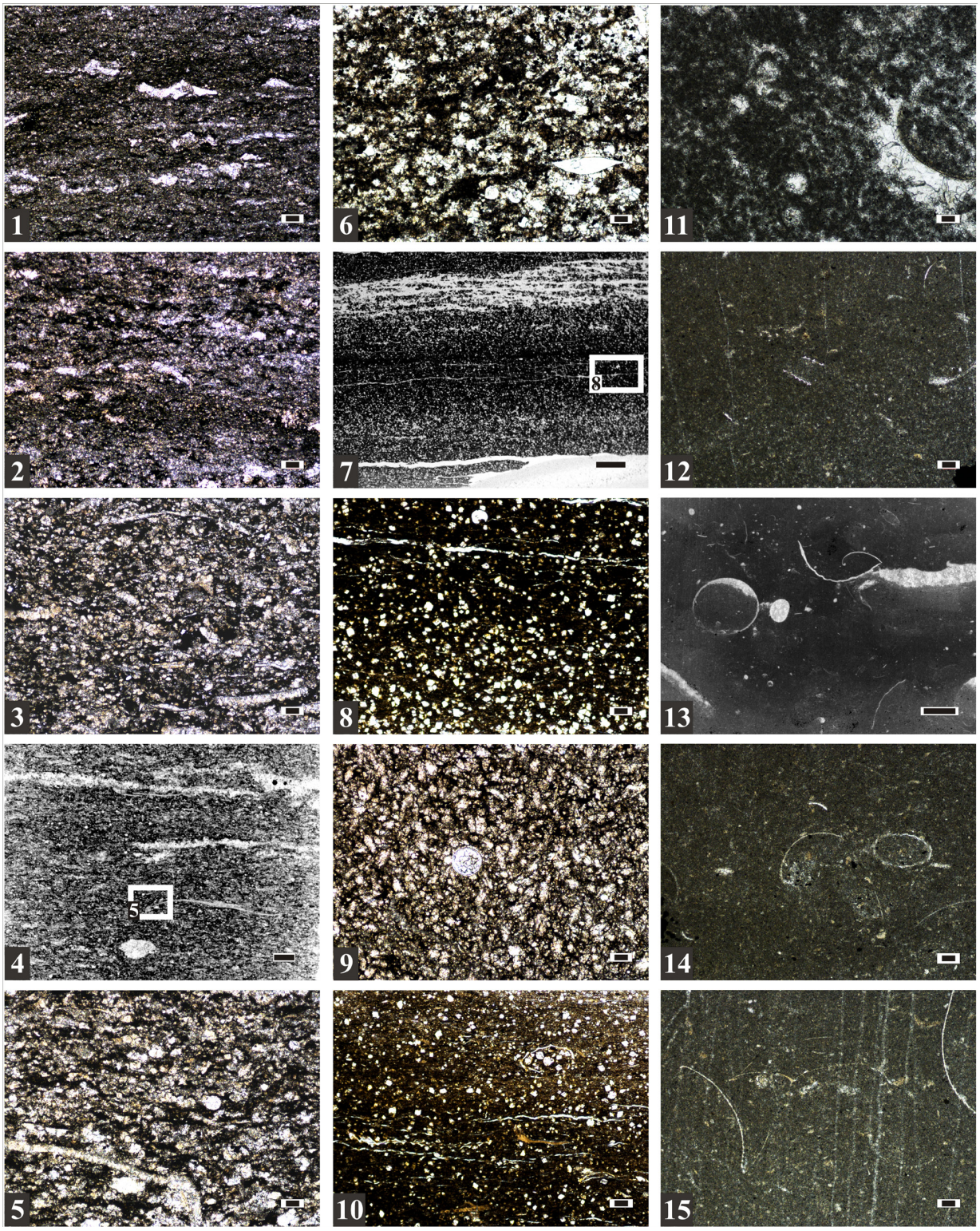


Fig. 3. Microphotographs of selected facies types:
1—6 — Fine-grained bioclastic microlaminated wackestones: 1 — sample 106/28b; 2 — sample 106/27; 3 — sample 106/25; 4, 5 — sample 106/24; 6 — sample 106/23. The bioclasts are dominated by thin shells of the brachiopod and ostracodes. There are unbroken ostracodes and radiolarians. The micritic matrix has recrystallized to fine-grained calciticmicrospar. 7, 8, 10 — Black shales: 7, 8 — sample 106/21, with radiolarians?; 10 — sample 106/19, with Entomozoida ostracodes, radiolarians? and conodonts; 9 — Mudstone with a recrystallized fine-grained calciticmicrospar, sample 106/20; 11 — Recrystallized mud-wackstone with ostracodes and radiolarians, sample 106/17; 12—15 — Mudstone with ostracodes carapaces and shells and tentaculites: 12 — sample 106/15; 13—14 — sample 106/14; 15 — sample 106/11. Scale bar for all images is 100 μm, except for figs. 4 and 7 is 1000 μm and for fig. 13 is 2000 μm

Рис. 3. Отдельные фациальные типы пород:
1—6 — мелкозернистые биокластовые микрослоистые вакстоны: 1 — образец 106/28b; 2 — образец 106/27; 3 — образец 106/25; 4, 5 — образец 106/24; 6 — образец 106/23. В биокластах преобладают тонкие раковины брахиопод и остракод. Есть неразрушенные остракоды и радиолярии. Микритовый матрикс перекристаллизован в мелкозернистый кальцит. 7, 8, 10 — черные аргиллиты: 7, 8 — образец 106/21 с радиоляриями (?); 10 — образец 106/19 с энтомозоидными остракодами, радиоляриями (?) и конодонтами; 9 — мадстоун с перекристаллизованным мелкозернистым кальцитом, образец 106/20; 11 — перекристаллизованный мад-вакстоун с остракодами и радиоляриями, образец 106/17; 12—15 — мадстоун с целыми и разрозненными створками остракод и тентакулитами: 12 — образец 106/15; 13, 14 — образец 106/14; 15 — образец 106/11. Масштабная линейка для всех изображений — 100 мкм, для фиг. 4 и 7 — 1000 мкм, для фиг. 13 — 2000 мкм

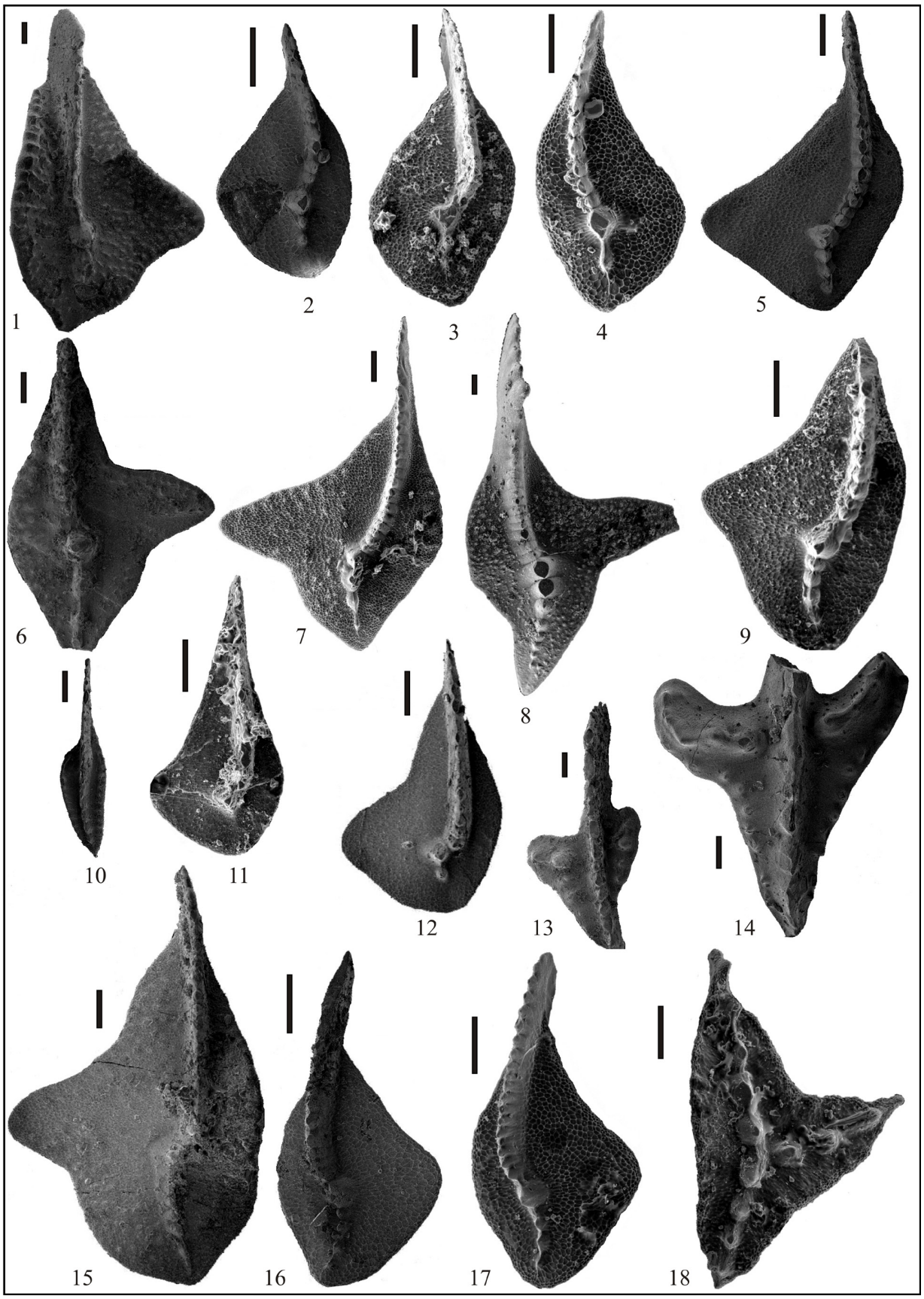


Fig. 4. The Upper Frasnian conodonts from the Kozhym River section. All are Pa elements and upper view:
1 — *Palmatolepis subrecta* Miller et Youngquist, 492/5—24, sample 107/27**; 2, 3 — *Palmatolepis eureka* Ziegler et Sandberg, (2) 492/3b-48, sample 106/4***; (3) 492/10-6, sample 106/2a; 4 — *Palmatolepis ederi* Ziegler et Sandberg, 492/10-7, sample 106/4a; 5 — *Palmatolepis* sp., 492/3b-51, sample 106/4***; 6 — *Palmatolepis* aff. *gigas paragigas* Ziegler et Sandberg, 492/3b-49, sample 106/4***; 7 — *Palmatolepis* aff. *mucronata* Klapper, Kuzmin et Ovnatanova, 492/10-8, sample 106/4a; 8 — *Palmatolepis rhenana rhenana* Bischoff, 492/10-3, sample 106/2a; 9, 15 — *Palmatolepis rotunda* Ziegler et Sandberg, (9) 492/10-5, sample 106/2a; (15) 492/3b-34, sample 106/2***; 10 — *Polygnathus lodinensis* Polsler, 492/3b-37, sample 106/2***; 11, 12 — *Palmatolepis juntionensis* Han, (11) 492/10-4, sample 106/2a; (12) 492/3b—33, sample 106/2***; 13 — *Ancyrodella nodosa* Ulrich et Bassler, 492/3b-42, sample 106/3***; 14 — *Ancyrodella ioides* Ziegler, 492/3b-29, sample 106/2***; 16, 17 — *Palmatolepis timanensis* Klapper, Kuzmin et Ovnatanova, (16) 492/3b-38, sample 106/2***; (17) 492/10-12, sample 106/9; 18 — *Ancyrognathus amana* Miller et Miller, 492/10-11, sample 106/9. Scale bar is 100 μm

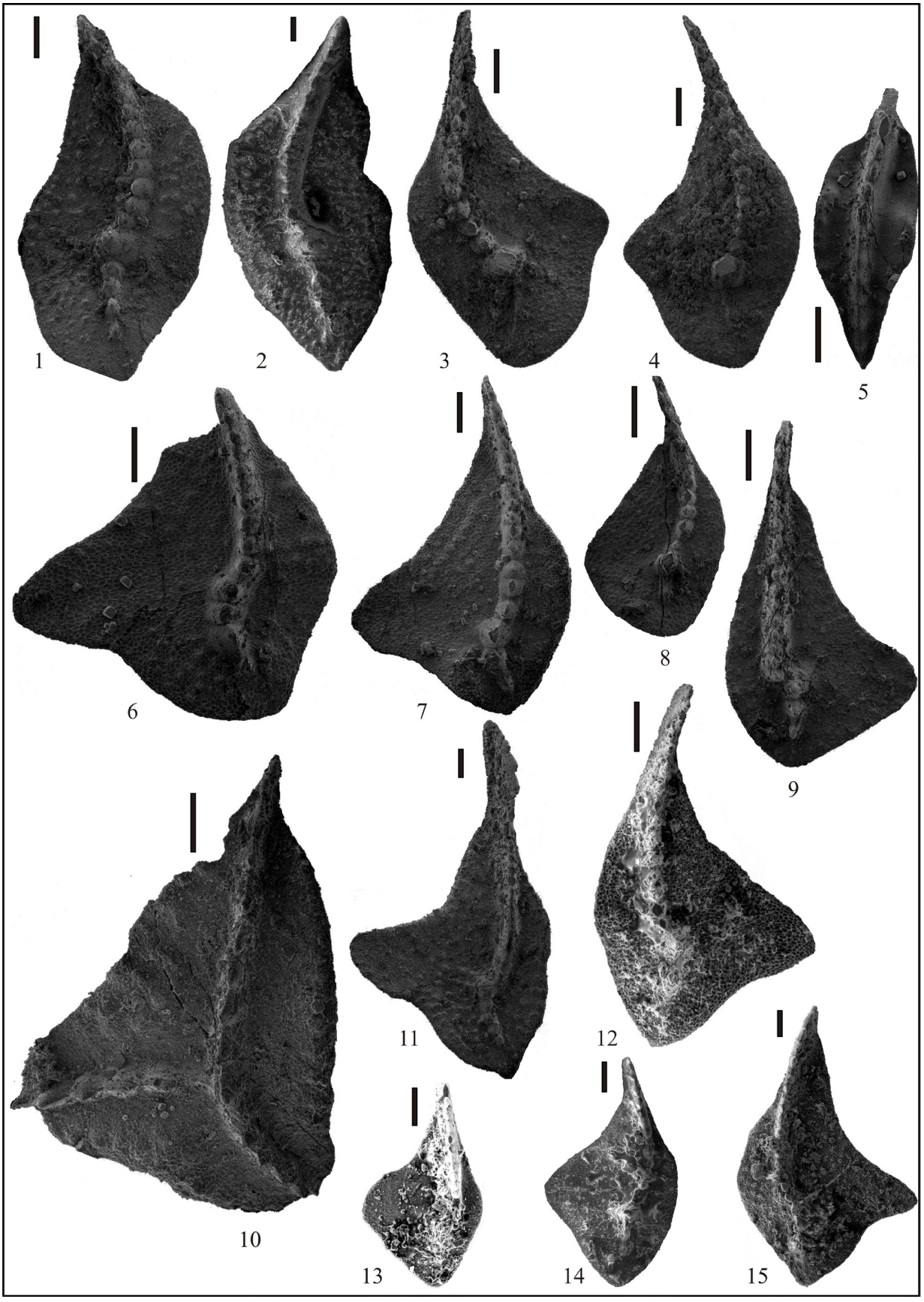


Fig. 5. The Upper Frasnian conodonts from the Kozhym River section. All are Pa elements and upper view:
1, 2 — *Palmatolepis linguiformis* Müller, (1) 492/3b-5, sample 106/14; (2) 492/10-19, sample 106/17; 3, 4 — *Palmatolepis zhuravlevi* Soboleva, (3) 492/3b-7 (holotype), sample 106/14; (4) 492/3b-9, sample 106/14; 5 — *Polygnathus* sp., 492/3b—24, sample 106/14; 6, 7 — *Palmatolepis* aff. *beckeri* Klapper, (6) 492/3b-17, sample 106/14; (7) 492/3b-23, sample 106/14; 8 — *Palmatolepis eureka* Ziegler et Sandberg, 492/3b-15, sample 106/14; 9 — *Palmatolepis juntionensis* Han, 492/3b—2, sample 106/14; 10 — *Ancyrognathus seddoni* Klapper, 492/3b-16, sample 106/14; 11 — *Palmatolepis gigas paragigas* Ziegler et Sandberg, 492/3b-27, sample 106/14; 12, 15 — *Palmatolepis* sp. 1, (12) 492/10-14, sample 106/15; (15) 492/10-17, sample 106/17; 13, 14 — *Palmatolepis* sp. 2, (13) 492/10-16, sample 106/15; (14) 492/10-20, sample 106/17. Scale bar is 100 μm

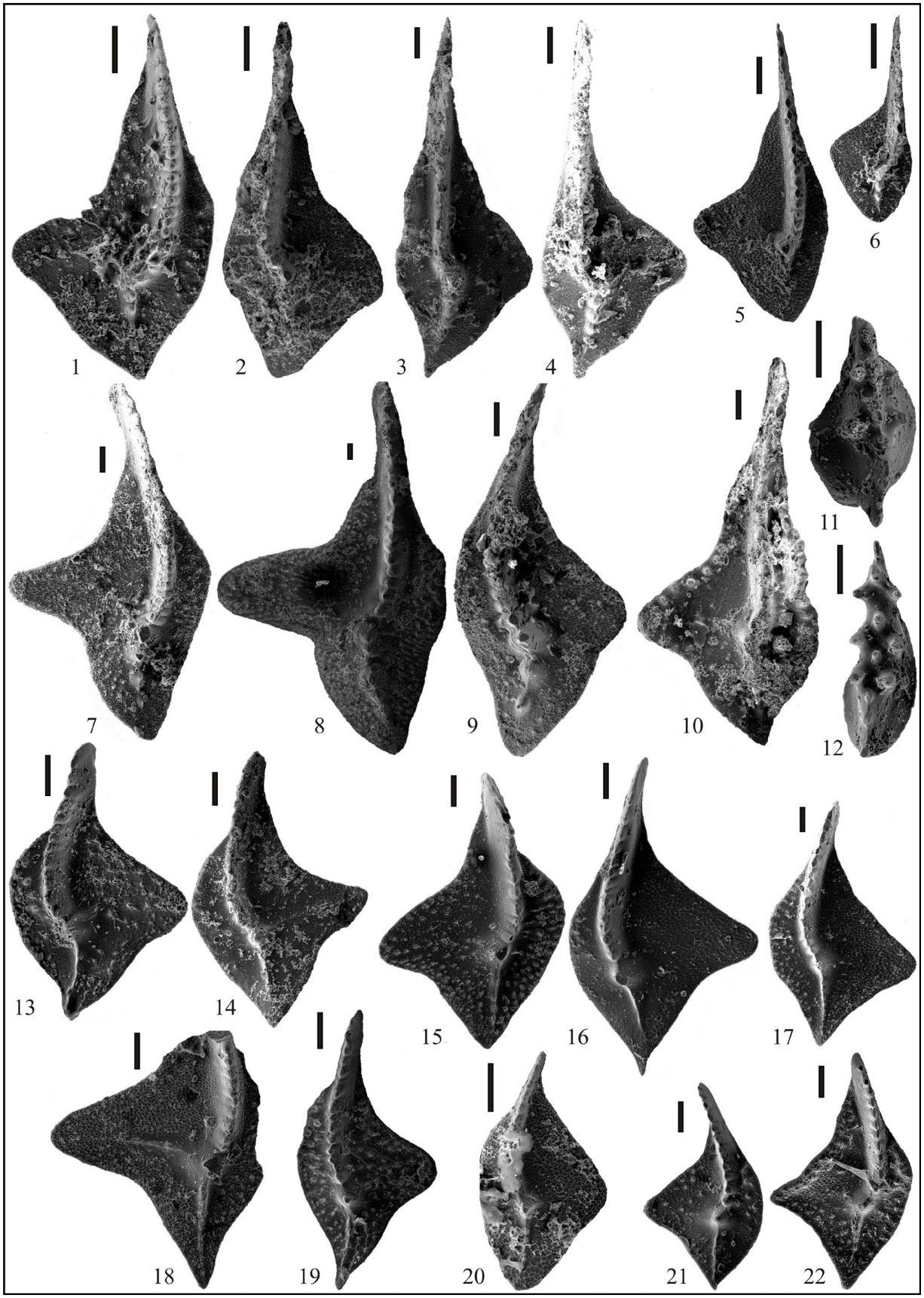


Fig. 6. The Lower Famennian conodonts from the Kozhym River section. All are Pa elements and upper view:
1, 2, 3, 10 — *Palmatolepis gigas extensa* Ziegler et Sandberg, (1) 492/10-23, sample 106/23; (2) 492/10-25, sample 106/23; (3) 492/10-26, sample 106/23; (10) 492/10-34, sample 106/24; 4, 5 — *Palmatolepis* aff. *nicolli* Klapper, (4) 492/10-27, sample 106/23; (5) 492/10-28, sample 106/23; 6 — *Palmatolepis elegantula* Wang et Ziegler, 492/10-29, sample 106/23; 7, 8 — *Palmatolepis rhenana nasuta* Müller, (7) 492/10-30, sample 106/23; (8) 492/10-31, sample 106/23; 9 — *Palmatolepis subperlobata* Branson et Mehl, 492/10-33, sample 106/23; 11 — *Icriodus alternatus helmsi* Sandberg et Dreesen, 492/10-35, sample 106/28a; 12 — *Icriodus alternatus alternatus* Branson et Mehl, 492/10-38, sample 106/28a; 13, 14, 16, 17, 19 — *Palmatolepis triangularis* Sannemann, (13) 492/10-36, sample 106/28a; (14) 492/10-37, sample 106/28a; (16) 492/10-47, sample 106/29; (17) 492/10-41, sample 106/29; (19) 492/10-48 (aff.), sample 106/30; 15 — *Palmatolepis quadratinodosalobata praeterita* Schulke, 492/10-42, sample 106/29; 18 — *Palmatolepis* sp. 3, 492/10-43, sample 106/29; 20 — *Palmatolepis delicatula delicatula* Branson et Mehl, 492/10-49, sample 106/30b; 21, 22 — *Palmatolepis clarki* Ziegler, (21) 492/10-46, sample 106/29; (22) 492/10-52, sample 106/33. Scale bar is 100 μm

Рис. 4. Верхнефранские конодонты разреза р. Кожым. Все экземпляры — Pa-элементы (вид сверху):
1 — *Palmatolepis subrecta* Miller et Youngquist, 492/5-24, образец 107/27**; 2, 3 — *Palmatolepis eureka* Ziegler et Sandberg, (2) 492/3b-48, образец 106/4***; (3) 492/10-6, образец 106/2a; 4 — *Palmatolepis ederi* Ziegler et Sandberg, 492/10—7, образец 106/4a; 5 — *Palmatolepis* sp., 492/3b-51, образец 106/4***; 6 — *Palmatolepis* aff. *gigas paragigas* Ziegler et Sandberg, 492/3b-49, образец 106/4***; 7 — *Palmatolepis* aff. *mucronata* Klapper, Kuzmin et Ovnatanova, 492/10-8, образец 106/4a; 8 — *Palmatolepis rhenana rhenana* Bischoff, 492/10-3, образец 106/2a; 9, 15 — *Palmatolepis rotunda* Ziegler et Sandberg, (9) 492/10—5, образец 106/2a; (15) 492/3b-34, образец 106/2***; 10 — *Polygnathus lodinensis* Polsler, 492/3b-37, образец 106/2***; 11, 12 — *Palmatolepis juntionensis* Han, (11) 492/10-4, образец 106/2a; (12) 492/3b-33, образец 106/2***; 13 — *Ancyrodella nodosa* Ulrich et Bassler, 492/3b-42, образец 106/3***; 14 — *Ancyrodella ioides* Ziegler, 492/3b-29, образец 106/2***; 16, 17 — *Palmatolepis timanensis* Klapper, Kuzmin et Ovnatanova, (16) 492/3b-38, образец 106/2***; (17) 492/10-12, образец 106/9; 18 — *Ancyrognathus amana* Miller et Miller, 492/10-11, образец 106/9. Масштабная линейка 100 мкм

Рис. 5. Верхнефранские конодонты разреза р. Кожым. Все экземпляры — Pa-элементы (вид сверху):
1, 2 — *Palmatolepis linguiformis* Müller, (1) 492/3b-5, образец 106/14; (2) 492/10-19, образец 106/17; 3, 4 — *Palmatolepis zhuravlevi* Soboleva, (3) 492/3b-7 (голотип), образец 106/14; (4) 492/3b-9, образец 106/14; **5 —** *Polygnathus* sp., 492/3b-24, образец 106/14; 6, 7 — *Palmatolepis* aff. *beckeri* Klapper, (6) 492/3b-17, образец 106/14; (7) 492/3b-23, образец 106/14; 8 — *Palmatolepis eureka* Ziegler et Sandberg, 492/3b-15, образец 106/14; 9 — *Palmatolepis juntionensis* Han, 492/3b-2, образец 106/14; 10 — *Ancyrognathus seddoni* Klapper, 492/3b-16, образец 106/14; 11 — *Palmatolepis gigas paragigas* Ziegler et Sandberg, 492/3b-27, образец 106/14; 12, 15 — *Palmatolepis* sp. 1, (12) 492/10-14, образец 106/15; (15) 492/10-17, образец 106/17; 13, 14 — *Palmatolepis* sp. 2, (13) 492/10-16, образец 106/15; (14) 492/10-20, образец 106/17. Масштабная линейка 100 мкм

Рис. 6. Нижнефаменские конодонты разреза р. Кожым. Все экземпляры — Pa-элементы (вид сверху):
1, 2, 3, 10 — *Palmatolepis gigas extensa* Ziegler et Sandberg, (1) 492/10-23, образец 106/23; (2) 492/10-25, образец 106/23; (3) 492/10-26, образец 106/23; (10) 492/10-34, образец 106/24; 4, 5 — *Palmatolepis* aff. *nicolli* Klapper, (4) 492/10-27, образец 106/23; (5) 492/10-28, образец 106/23; 6 — *Palmatolepis elegantula* Wang et Ziegler, 492/10-29, образец 106/23; 7, 8 — *Palmatolepis rhenana nasuta* Müller, (7) 492/10-30, образец 106/23; (8) 492/10-31, образец 106/23; 9 — *Palmatolepis subperlobata* Branson et Mehl, 492/10-33, образец 106/23; 11 **—** *Icriodus alternatus helmsi* Sandberg et Dreesen, 492/10-35, образец 106/28a; 12 — *Icriodus alternatus alternatus* Branson et Mehl, 492/10-38, образец 106/28a; 13, 14, 16, 17, 19 — *Palmatolepis triangularis* Sannemann, (13) 492/10-36, образец 106/28a; (14) 492/10—37, образец 106/28a; (16) 492/10-47, образец 106/29; (17) 492/10-41, образец 106/29; (19) 492/10-48 (aff.), образец 106/30; 15 — *Palmatolepis quadratinodosalobata praeterita* Schulke, 492/10-42, образец 106/29; 18 **—** *Palmatolepis* sp. 3, 492/10-43, образец 106/29; 20 — *Palmatolepis delicatula delicatula* Branson et Mehl, 492/10-49, образец 106/30b; 21, 22 — *Palmatolepis clarki* Ziegler, (21) 492/10-46, образец 106/29; (22) 492/10-52, образец 106/33. Масштабная линейка 100 мкм

angularis Subzone [22]. However, this correlation with zonation [22] is incorrect, since the appearance of *Pal. triangularis* Sannemann is noted somewhat higher than the first appearance of *Pal. subperlobata* Branson et Mehl. This confusion results from the fact that the name of the species *Pal. triangularis* Sannemann is applied by some authors to the species *Pal. praetriangularis* Ziegler and Sandberg, 1988 which is a junior synonym of *Pal. ultima* Ziegler [8]. In the studied section, *Pal. triangularis* Sannemann is distributed somewhat higher than the appearance of *Pal. subperlobata* Branson et Mehl. We think that, the lowest appearance of *Pal. subperlobata* Branson et Mehl may be used to characterize the F-F boundary immediately above the Upper Kellwasser Event. Conodonts are dominated by *Pal. gigas extensa* Ziegler et Sandberg, *Pal. rhenana nasuta* Müller, *Pal. elegantula* Wang et Ziegler. *Pal.* aff. *nicolli* Klapper within this zone (Fig. 6). This level is characterized by a low diversity conodont at the base of this zone and is practically barren of conodonts higher. The subperlobata Zone is recognizable in some areas [4, 8—9, 19].

The triangularis Zone is recognized by the first occurrence of *Pal. triangularis* Sannemann in sample 106/28a (Figs. 2, 6). In the studied section, conodonts are dominated by *Icr. alternatus alternatus* Branson et Mehl and *Icr. alternatus helmsi* Sandberg et Dreesen, *Pol. brevilamiformis* Ovnatanova, slightly higher *Pal. clarki* Ziegler, *Pal. delicatula delicatula* Branson et Mehl, *Pal. quadratinodosalobata praeterita* Schulke et al (Fig. 6).

Conodont biofacies of the Kozhym River section were discussed in details earlier [15, 18]. The conodonts represent a deep-sea marine fauna, which exhibits a Palmatolepid biofacies, where *Palmatolepis* species dominate (Fig. 2) [6]. However, the depth of the sea basin was not constant, which is reflected in changes in the quantitative content of the deep-water conodonts of *Palmatolepis* [15, 18]. The maximum deepening of the basin was reached at the beginning of the linguiformis Phase, which is expressed by a sharp increase and stable development of the Palmatolepid biofacies (Fig. 2). Deepening affected the numerical and species diversity of conodonts, to the complete disappearance of many taxa by the end of Frasnian time [15]. During the transition to the subperlobata Phase, there is a significant decrease in conodont diversity, possibly associated with a sea level drop. This method, based on the changing quantitative content of deep-water conodonts, has revealed the occurrence of oscillations in sea-level in the section studied and Kosyu River section in spite of initial doubts [15, 17—18].

Carbon and oxygen isotopes

The carbon and oxygen isotope values across the F-F boundary in the studied section vary in the range: from 0.31 to 3.57 ‰ for $\delta^{13}C$ and from 24.34 to 26.50 ‰ for $\delta^{18}O$ (Fig. 2). In the interval characterized by upper part of Upper rhenana Subzone, a stable $\delta^{13}C$ value from 0.35 to 0.64 ‰ is observed with weak deviations. In the linguiformis Zone, abrupt changes in the $\delta^{13}C$ values from 0.52 to 3.51 ‰ are observed. Increased values in black shales, fixing record maximum transgressions are recorded. The highest positive $\delta^{13}C$ value is 3.51 ‰ (sample 106/21) and drops in the third bed of black shales in the upper part of linguiformis Zone. The positive $\delta^{13}C$ value of 3.19 ‰ (sample 106/23) correlates with the F-F boundary. In the interval characterized by the subperlobata Zone, $\delta^{13}C$ values are raised from 3.05 to 3.57 ‰. Continuing high $\delta^{13}C$ values are observed throughout the subperlobata Zone and Lower triangularis Subzone with a tendency to a gradual decrease to 0.69 ‰. Similar positive shift in $\delta^{13}C$ values during the Upper Kellwasser Event was observed in various sections of Central, Southern, and Eastern Europe, as well as North America and North Africa [3, 5, 11, 13, 21, etc.].

The oxygen isotope composition in the section slightly varies from 24.34 to 26.50 ‰.

Discussion

The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the F–F boundary is designated at Coumiac in the Montagne Noire of southern France [10]. High-precision identification of this boundary is best based on conodonts. The F–F boundary interval corresponds to one of the largest extinction event in the Middle Paleozoic. The Upper Kellwasser Event corresponds to the linguiformis conodont Zone [20] and is considered a first-order global event characterized by the mass extinction of major fossil groups (classes and orders) and of entire ecosystems [2].

In many stratigraphic sections, the Upper Kellwasser Event is observed as an anoxic black shales horizon associated with shifts in many geochemical indicators, among them stable carbon isotopes [3—5, 11—14, 18, 20—21]. The UKH BS (Black Shales Interval) Event and the UKH CIE (Carbon Isotope Excursion Interval) Event are recognized (Fig. 1, C).

In the Kozhym River section, significant biotic changes are recorded from the base of the linguiformis Zone, where there is a sharp but short-term increase in the taxonomic diversity of conodonts (Fig. 2). Above this level, an increase in the carbon isotopic composition from 0.35 to 1.96 ‰ is noted. The next three levels of accumulation of anoxic black shales with a rare pelagic fauna (radiolarians and Entomozoid-type ostracodes) record transgression, which lasted until the end of the linguiformis Phase. A lack of intra-basinal clastic material is distinguished at this level. Here, a gradual decrease in taxonomic diversity and the disappearance of Frasnian conodonts are recorded, while $\delta^{13}C$ values increase up to 3.51 ‰. In some samples, lower $\delta^{13}C$ values are observed, which vary from 0.31 to 0.75 ‰ (samples 106/17, 106/18, 106/22). This is probably due to diagenetic transformations during the formation of carbonate lenses, which led to a relief of the carbon isotopic composition.

At the beginning of the subperlobata Phase, a significant increase in the size of organogenic-bioclastic material is observed, which is associated with a relative decrease in sea level. Microlayered structures and fragments of brachiopods in dark gray limestones (wacke-packstone) appear. A sharp decrease in the species diversity of conodonts occurs [15]. The $\delta^{13}C$ values remain high, but gradually decrease from 3.57 to 3.35 ‰.

The subsequent triangularis Phase is characterized by a slight increase in the species diversity of the Palmatolepid biofacies (Fig. 2). The composition of the deposits does not change, and the values of $\delta^{13}C$ gradually decrease to 0.69 ‰.

Thus, the linguiformis Zone of the Kozhym River section clearly fixes the transgressive level, probably corresponding to the UKH BS Event, as well as the UKH CIE Event, covering the linguiformis Zone, the subperlobata Zone and the Lower triangularis Subzone (Fig. 2).

As noted earlier, similar changes in the carbon isotope values during the Upper Kellwasser Event are observed worldwide. Positive $\delta^{13}C$ shifts are generally explained as a result of enhanced organic carbon burial or increased marine productivity. Positive shifts of the carbon isotope value near the F-F boundary were distinguished in the Timan-North Urals Region sections both in extremely shallow deposits of Southern Timan with a deviation of 4.5 ‰ [11], and in the deep-sea shelf deposits of the Subpolar Urals with a reference of 3.5 ‰ [21]. According to [21] unsteady eutrophic and oxygen-depleted ecosystems during the Frasnian-Famennian Event were intensified by various episodes of tectono-volcanic events in the closing Ural Ocean. These events were interpreted based on a detailed study of the Syvyu River section [21] is located in close proximity to the Kozhym River section.

Conclusions

The Frasnian-Famennian boundary interval of the Kozhym River section consists mainly of limestones (mudwackestone) and black shales (Bed 20) and siliceous-clay-carbonaceous limestones (wacke-packstone, Bed 21) accumulated in relatively deep-water environments, below the wave basis. The layering due to the subparallel distribution of fossils/interlayers saturated with clay or organic matter was probably caused by frequent changes in the hydrodynamic regime. Three transgression-regression cycles were recognized at the top of Bed 20.

The Kozhym River section contain a large number of fossils including conodonts. The conodonts of the Bed 20 are represented by the assemblage of the Frasnian Upper rhenana Subzone (upper part) and linguiformis Zone. The conodonts of the Bed 21 are represented by the assemblage of the Famennian subperlobata Zone and Lower triangularis Subzone (lower part). The F-F boundary was identified by the first occurrence of *Palmatolepis subperlobata* in sample 106/23 (Bed 21). Conodonts are abundant in the Upper rhenana Subzone, but are almost absent in the subperlobata Zone.

Black shale horizons associated with the global Upper Kellwasser Event were identified in the linguiformis Zone in the Kozhym River section. Positive shifts in the carbon isotope ratio during the linguiformis Zone to the Lower triangularis Subzone (lower part) are observed, similar to those reported from elsewhere around the world (positive $\delta^{13}C_{carb}$ shifts ~ from 3 to 4 ‰). In the linguiformis Zone (upper part) at the level of third of black shale horizon a gradual decrease in taxonomic diversity and the disappearance of Frasnian conodonts are recorded, while $\delta^{13}C$ values increase up to 3.51 ‰. The maximum $\delta^{13}C$ value of 3.57 ‰ is observed just above the Frasnian-Famennian boundary.

The data obtained allow the black shale horizons associated with the Upper Kellwasser Event and carbon isotope fluctuations to be precisely dated and correlated.

Acknowledgements. We thank A. V. Zhuravlev and S. V. Nikolaeva for assistance in writing the English text and constructive comments that substantially improved this article. Also we thank E. M. Tropnikov and A. S. Shuyskiy for SEM assistance, and I. V. Smoleva for isotope data.

References

1. Aung A. K., Hassan M. H. A., Fatt N. T. Discovery of Late Devonian (Frasnian) conodonts from the “Sanai limestone”, Guar Jentik, Perlis, Malaysia. Bulletin of the Geological Society of Malaysia, 2013, V. 59, pp. 93—99.

2. Becker R. T., Konigshof P., Brett C. E. Devonian climate, sea level and evolutionary events-an introduction. Becker R. T., Konigshof P., Brett C. E. (Eds.). Devonian climate, sea-level and evolutionary events. Geological Society London, Special Publication 423, 2016, pp. 1—10.

3. Buggisch W., Joachimski M. M. Carbon isotope stratigraphy of the Devonian of Central and Southern Europe. Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 2006, V. 240, pp. 68—88.

4. Huang C., Song J., Shend J., Gongb Y. The influence of the Late Devonian Kellwasser events on deep-water ecosystems: Evidence from palaeontological and geochemical records from South China. Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 2018, V. 504, pp. 60—74.

5. Joachimski M. M., Pancost R. D., Freeman K. H., Ostertag-Henning C., Buggisch W. Carbon isotope geochemistry of the Frasnian-Famennian transition. Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 2002, V. 181, pp. 91—109.

6. Kirilishina E. M., Kononova L. I. *Konodontovyye biofatsii vo franskom basseyne yugo-zapada Moskovskoy sineklizy. (*Conodont biofacies in frasnian basin of south-western part of Moscow syneclise). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4. Geologiya*, 2004, No. 2, pp. 32—40.

7. Klapper G. The Montagne Noire Frasnian (Upper Devonian) conodont succession. McMillan N. J., Embry A. F., Glass D. J. (Eds.). Devonian of the World: Proceedings of the 2nd International Symposium on the Devonian System. Can. Soc. Pet. Geol. 14, 1989, pp. 449—468.

8. Klapper G., Uyeno T. T., Armstrong D. K., Telford P. G. Conodonts of the Williams Island and Long Rapids Formations (Upper Devonian, Frasnian-Famennian) of the Onakawana B Drillhole, Moose River basin, northern Ontario, with a revision of Lower Famennian species. Journal of Paleontology 78(2), 2004, pp. 371—387.

9. Klapper G. Frasnian (Upper Devonian) conodont succession at Horse Spring and correlative sections, Canning Basin, Western Australia. Journal of Paleontology 81(3), 2007, pp. 513—537.

10. Klapper G. Feist R., Becker R. T., House M., R. Definition of the Frasnian/Famennian Stage boundary. Episodes, 16 (4), 1993, pp. 433—441.

11. Marshall J. E. A., Telnova O. P., Vetoshkina O. S. Ecosystem Crisis at the Frasnian-Famennian Boundary (Southern Timan). Doklady Earth Sciences, 440, 2011, pp. 1396—1398.

12. Racki G. Towards understanding Late Devonian global events: few answers, many questions. Over D. J., Morrow J. R., Wignall P. B. (Eds.). Understanding Late Devonian and Permian-Triassic Biotic and Climatic Events. Towards an Integrated Approach. Development in Palaeontology & Stratigraphy, 20, 2005, pp. 5—36.

13. Racki G., Racka M., Matyja H., Devleeschouwer X. The Frasnian/Famennian boundary interval in the South Polish-Moravian shelf basins: integrated event-stratigraphical approach. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 2002, V. 181, pp. 251—297.

14. Sandberg C. A., Morrow J. R., Ziegler W. Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions. Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond. Geol. Soc. Amer. Spec. Pap., 356, 2002, pp. 473—487.

15. Soboleva M. A. *Konodontovyye biofatsii v razreze franskogo yarusa na r. Kozhym (Pripolyarnyy Ural)* (Conodont biofacies in Frasnian stage on Kozhim River (Subpolar Urals). *Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta*: Proceedings of conference. Syktyvkar, 2016, pp. 171—175.

16. Soboleva M. A., Sobolev D. B. New data on conodonts of Upper Devonian of the Polar Urals (Ostantsovyi section, Malaya Usa River). *Uchenye zapiski Kazan' Univ. Ser. Estestvennye nauki,* 2016, 158 (3), pp. 455—467.

17. Soboleva M. A. *Rol' biofatsial'nogo analiza dlya ustanovleniya transgressivno-regressivnykh tsiklov i global'nykh sobytiy (na primere razreza franskogo yarusa r. Kos'yu)* (Role of biofacies analysis for establishing transgressive-regressive cycles and global events (Frasnian at Kosyu River)). *Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta*: proceedings of conference. Syktyvkar, 2017, pp. 210—221.

18. Soboleva M. A., Sobolev D. B., Matveeva N. A. Frasnian section on the Kozhym River (the western slope of Polar Urals) — results of biostratigraphic, bio- and lithofacies, isotopic and geochemical studies. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2018, 13 (1). available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/2_2018.pdf

19. Spalletta C., Perri M. C., Over D. J., Corradini C. Famennian (Upper Devonian) conodont zonation: revised global standard. Bulletin of Geosciences, 92(1), 2017, pp. 31—57.

20. Walliser O. H. Global events in the Devonian and Carboniferous. O. H. Walliser (Ed.). Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic. Berlin: Springer, 1996, pp. 225—250.

21. Yudina A. B., Racki G., Savage N. M., Racka M., Maikowski K. The Frasnian–Famennian events in a deep-shelf succession, Subpolar Urals: biotic, depositional and geochemical records. Acta Palaeontologica Polonica, 47(2), 2002, pp. 355—372.

22. Ziegler W., Sandberg C. A. The Late Devonian standard conodont zonation. Courier Forschungs institute Senkenberg, 121, 1990, 115 p.

УДК 561: 581.332: 552.52/.57: 551.734(234.83) DOI: 10.19110/2221-1381-2019-11-20-24

THE EVOLUTION OF THE FIRST FORESTS IN THE DEVONIAN*

C. M. Berry
School of Earth and Ocean Sciences, Cardiff University, Wales, UK; *berrycm@cardiff.ac.uk*

In recent years much new data have been obtained regarding the earliest trees, and their ecology in early forest ecosystems. Aspects of this new data are summarised below, concentrating on the Mid Devonian and earliest Late Devonian, c. 390—380 million years ago, before the dominance of *Archaeopteris*. The arborescent cladoxylopsids, archaeopteridaleans and lycopsids are considered, as well as the recumbent but large woody aneurophytes. Until now, cladoxylopsid dominated forests, cladoxylopsid/aneurophyte forests, early *Archaeopteris*, and lycopsid forests are the four forest types identified, largely on the basis of near coastal, wet environments. True *in situ* fossil forests are extremely rare during this time interval. Future research aims to identify further forest types, to better understand their relationship to palaeogeography and sedimentary environment, and to spread the understanding of early forests beyond the Old Red continent.

Keywords: *palaeobotany, forest ecology, Lycopsida, Aneurophytales, Archaeopteridales, Cladoxylopsida.*

ЭВОЛЮЦИЯ ПЕРВЫХ ДЕВОНСКИХ ЛЕСОВ

К. Берри
Школа наук о Земле и океане, Кардиффский университет, Уэльс, Великобритания

В последние годы получено много новых данных о самых ранних в истории Земли древесных растениях и их экологии в ранних лесных экосистемах. Эти новые данные кратко изложены ниже, с акцентом на среднедевонские и самые ранние позднедевонские (390—380 млн лет назад) растения, до господства Archaeopteris. Рассматриваются древовидные кладоксилеевые, археоптерисовые и плауновидные, а также стелющиеся по земле крупные древесные аневрофитовые. До настоящего времени были идентифицированы четыре типа лесов — с преобладанием кладоксилопсид, леса кладоксилопсид/аневрофитовых, ранние Archaeopteris и леса плауновидных растений, в основном представители прибрежных влажных сред обитания. Настоящие инситные ископаемые леса этого возраста встречаются исключительно редко. Будущие исследования направлены на выявление новых типов лесов и на лучшее понимание их связи с палеогеографией и условиями осадконакопления, а также на выявление ранних лесов за пределами Древнего красного материка.

Ключевые слова: *палеоботаника, экология леса, Lycopsida, Aneurophytales, Archaeopteridales, Cladoxylopsida.*

Introduction — what is a Devonian forest?

It is generally agreed that the evolution of land plants in the early part of the Palaeozoic, and of vascular plants in particular, had a profound effect upon the Earth System.

The first vascular land plants were very small and were simple dichotomously-branching axial systems with very limited rooting structures, if any. By the Early Devonian (see Figure 1 for timescale), plants with advanced branching patterns, sometimes sturdy upright main axes and small amounts of secondary xylem tissue (wood) [7] had evolved in the euphyllophyte clade, as well as herbaceous forms of lycopsid.

Early Devonian plants with a protostele and little if any secondary wood, and a main stem of only perhaps 25 mm, such as *Pertica*, would have been unable to support more than 2—3 m of main stem before bending under their own weight. While these plants certainly had an effect on important Earth System parameters, including flood plain stability and weathering of soils [20], it was not until the evolution of trees that the magnitude of the impact of plants really began to accelerate [13].

In the euphyllophyte clade trees might be defined as substantial plants with a woody self-supporting upright main axis. In the lycopsids arborescent forms generally have a self-supporting main stem strengthened by secondary tissues (largely cortex or bark rather than wood) [11] supported by a branched rhizomorph or cormose base with rootlets.

The Forestry Department of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (Global Forest Resources Assessment 2010) defines a tree as a 'woody perennial plant with a single main stem... having a more or less definite crown', and a forest as 'Land spanning more than 0.5 hectares with trees higher than 5 meters and a canopy cover of more than 10 percent, or trees able to reach these thresholds *in situ*.' National criteria may vary to include trees of as little as 1.3 m height (Estonia) and may include such plants as palms and bamboo [8]. Some of these criteria may be difficult to determine on the basis of fossil plants and limited outcrops. For example, the area of crown of a small arborescent lycopsid is hard to evaluate, especially on the basis of preserved stumps. Therefore, in terms of fossil forests over the past 390 million years, with a greater variety of tree-formed plant morphologies and anatomies, it is clear that a slightly broader definition can be accepted.

A very small number of fossil forests are known where

* Статья опубликована в рамках 9-го научного кафе. См. Вестник № 10, 2019.
The paper is published within the framework of the 9th Science Cafe. See Vestnik No. 10, 2019.

the bases of multiple Devonian trees or clearly recognisable rooting systems are preserved *in situ*, likely by a single depositional event, such as levee breach, debris flow or storm-driven influx of coastal sediment. Here inference from incorporated or nearby megafossil assemblages might be used to reconstruct the above ground part of the trees and thereby the structure, spacing and ecology of the forest at time of burial. Such fossil forests are a considerable step forward in understanding individual forests and forest ecologies, and these examples might act as models for understanding the more common diverse fossil assemblages that are not found *in situ*. No Devonian forests preserved by ash falls are yet known.

Earliest forests (cladoxylopsid dominated)

The earliest assemblage of tree-formed plant fossils is from Lindlar in Germany, and dates from the mid Eifelian (see Figure 1). The fossils are preserved in a shallow marine deposit, transported by a high energy catastrophic coastal event, possibly a tsunami [9]. The best fossils come from a single lens exposed in the high wall of the quarry in the 1960s and collected and described by Schweitzer, and more recently in the 2010's by Giesen and colleagues, although further good fossils were also collected from a neighbouring quarry. The flora is subject to reassessment in the light of modern knowledge of Mid Devonian plants, and the discovery of many articulated large specimens. The taxa described as *Calamophyton* and *Duisbergia* by Schweitzer have now been reassembled into a single plant, *Calamophyton* [9] which forms the dominant element of the flora. Complete specimens are known of 2 m length (height), but based on the size of the branches against abscised examples found elsewhere it was suggested that these are only small to medium sized trunks compared with their potential size.

Calamophyton is recognised as an early member of the pseudosporochnalean cladoxylopsids, the oldest known vascular plant type to reach sizable tree form. These plants are characterised by a trunk which has a large pith, and the vascular system comprises numerous strands of xylem arranged in a ring, surrounded by parenchymatous cortex. Lateral branches have a characteristic digitate branching habit carrying small non-laminate appendages, and were abscised as the broad crown of the trunk grew upwards (Figure 2). Giesen and Berry [9] interpreted *Calamophyton* to have secondary growth based on analysis of the dimensions of the suite of specimens recovered, suggesting an ontogenetic sequence. More recently Xu et al. [19] have shown that late Devonian cladoxylopsids, preserved in silica, grew by adding wood around the circumference of each of the xylem strands, by proliferation of parenchymous tissues between the strands, and changes in the geometry of the entire vascular system. Cladoxylopsids apparently evolved a unique and well-engineered way of growing to tree size quite different from other woody trees, and formed the backbone of forest ecology from early Mid Devonian through to the early Late Devonian (Figure 1).

Calamophyton is the dominant element in the Lindlar flora, although other cladoxylopsids from the site are presently being described. Because neither *in situ* trunks nor palaeosols with tree bases have been found, Lindlar is not a true fossil forest. We do not know the spacing of the *Calamophyton* trees, nor their relationship to other plants, so the reconstruction of a stand shown in Figure 2 is necessarily illustrative rather than factual, but is based on the known closeness of spacing of cladoxylopsid bases (at Gilboa — below) and the short length of the branches. A small amount of the aneurophyte *Rellimia* is also know at Lindlar but has not been described in detail.

The Gilboa forest (cladoxylopsid/aneurophyte association)

Although known since 1860s all previous work on the fossil trees and forest of Gilboa, New York State, USA, has been superseded by modern investigations. Riverside Quarry, Gilboa is critical because it is the oldest known site from which multiple *in situ* tree bases have been described.

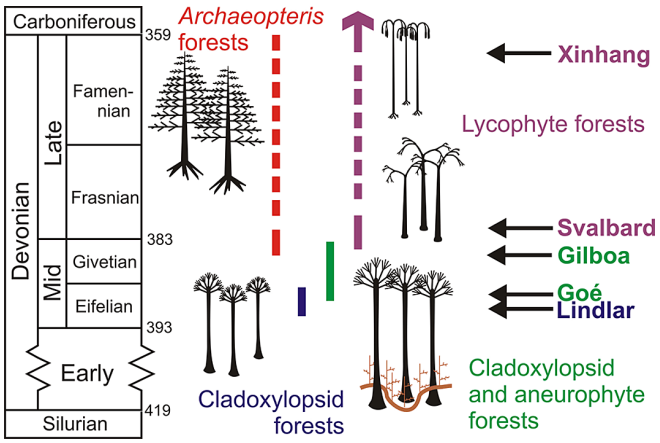


Fig. 1. Schematic timeline of known Devonian forest types against geological ages (Period, Epoch, Age, numerical age (Ma)). Modified after Berry [2]

Рис. 1. Схематическая временная шкала известных девонских типов лесов в зависимости от геологического возраста (период, эпоха, относительный и абсолютный возраст) по К. М. Берри [2]

Fig. 2. Reconstruction of stand of *Calamophyton* (cladoxylopsid) trees (2—3 m high) based on fossils from Lindlar, Germany (Mid Eifelian age) [9]. Credit Peter Giesen

Рис. 2. Реконструкция древостоев *Calamophyton* (кладоксилопсид) (высотой 2—3 м) на основе окаменелостей из Линдлара, Германия (средний эйфель) [9]. Питер Гизен

It is of late Givetian age (Figure 1), and the environment of deposition was considered as very close to the sea [3]. Investigation in 2010 of the floor of Riverside Quarry, which had been cleared during work to reconstruct the Gilboa reservoir dam, showed that cladoxylopsid trees were the dominant element of the Gilboa forest [15]. Tapered tree bases were preserved as sandstone casts. Measurement of the tree bases extracted from the quarry showed them to be up to 1m in diameter. Discovery of a laterally compressed incomplete trunk 6 m long with a 47 cm diameter base at the nearby but slightly younger (early Frasnian) South Mountain locality [16], together with an isolated crown, allowed the whole plant to be reconstructed without ambiguity, and the genus to be establish as *Wattieza*, a pseudosporochnalean cladoxylopsid. The height of the largest specimens, with bases double the diameter, cannot be established.

The exposed quarry floor allowed the relatively close spacing of the cladoxlopsid trees to be determined. Also present on the forest floor were long thick woody rhizomes, up to 15 cm in diameter and several meters long, which were shown to belong to an aneurophytalean progymnosperm [15]. Progymnosperms were capable of growing secondary xylem and phloem from a bifacial cambium and reproduced with dispersed spores. The aneurophyte was reconstructed with lots of branches attached, which have been found detached in great numbers in the Gilboa sandstone.

The association of dominant cladoxylopsids with more or less ground running aneurophytes, reconstructed in Figure 3, was also found in transported assemblages at the Belgian locality of Goé, of latest Eifelian age, interpreted as a near shore marine depositional environment [3]. This suggests that this forest type persisted over a period of at least 6 million years in certain environments (Figure 1), perhaps associated with coastal settings.

Lycopsid forests

Early forms of upright standing lycopsids, known from the Mid and early Late Devonian of China, may have had dichotomous rooting systems homologous to the rootlets of Carboniferous *Stigmaria* [10]. In the earliest tree-like forms know from Euramerica, from Svalbard, rootlets were attached to a cormose, or enlarged rounded, base. Outcrops of the early Frasnian Plantekløfta conglomerate allowed the spacing of monospecific stands of *Protolepidodendropsis* to be determined [4]. These small trees, with basal diameters up to about 20 cm, grew very close together in life (Figure 4). Because of the abundance of remains of the same trees lower down in the sedimentary sequence, it is likely that such stands of trees were present in Svalbard during the late Middle Devonian (late Givetian) as well. In New York, USA the Frasnian age Naples Tree had a similar habit to *Protolepidodendropsis*, but a different pattern of leaf cushion/bark [18]. Remains of fallen or transported lycopsid trunk(s) were found in one small patch on the floor of the Gilboa forest floor [15].

In Xinhang, Anhui Province, China, an *in situ* forest of small lycophytes has recently been described [17], again with very close spacing of the bases, which are generally of smaller diameter than the Svalbard ones. The forest dates from the very end of the Devonian, perhaps 20 million years later than Svalbard. Most interesting about this new discovery is that this is the oldest occurrence of well-preserved *Stigmarian* rooting systems, in which four dichot-

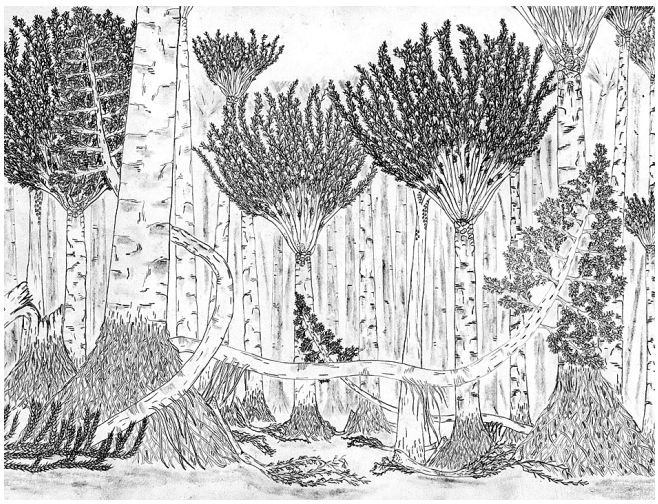


Fig. 3. Reconstruction of forest showing upright cladoxylopsid trees (up to at least 8 m) and recumbent aneurophytaleans, from Gilboa, New York (Late Givetian age) [15]. Credit Frank Mannolini, New York State Museum

Рис. 3. Реконструкция леса с вертикальными кладоксилопсидными деревьями (до 8 м) и лежачими аневрофилолями из Гильбоа, Нью-Йорк (поздний живет) [15]. Фрэнк Маннолини, Музей штата Нью-Йорк

Fig. 4. Reconstruction of forest of lycopsids with cormose bases and attached rootlets, from Munindalen, Svalbard (early Frasnian age) [4]. Credit Berry

Рис. 4. Реконструкция леса ликопсид с основаниями и прикрепленными корнями из Муниндалена, Шпицберген (ранний фран) [4]. К. М. Берри

omously branched rhizomorphs are subtended by dichotomous rootlets which leave characteristic round scars. This is a feature of the trees of the major Carboniferous coal forests. The environment of both the Svalbard and Xinhang forests are believed to be wet, in an inland fault-bounded basin in Svalbard, and in a coastal setting in Xinhang [4, 17].

Archaeopteris forests

*Archaeopteris*is a genus of progymnosperm (Archaeopteridales) with substantial upright woody trunk. Its leafy fronds first appear in mid to late Givetian age sediments, although its microspore is known from closer to the beginning of the Givetian. It became extinct about the Devonian/Carboniferous boundary, giving it a temporal range of about 25 million years, and has been presumed to dominate forests in all but the earliest parts of the Late Devonian. Most detailed information about its structure and branching comes from the latest Devonian, and it has been reconstructed with a conifer-like habit [1]. Details and reconstructions of the earliest forms of *Archaeopteris* are still uncertain. Most critical for the point of view of this summary is the question if the Mid Devonian *Archaeopteris* trunks supported large woody long-lived boughs, or were merely the point of attachment of leafy, short-lived fronds. Substantial bases of *Archaeopteris* trees, including the proximal parts of the major roots, are known from the Famennian of the Donetz Basin (Figure 5) [14].

Fig. 5. Base of *Callixylon trifilievii* (trunk of *Archaeopteris*) from the Late Devonian (Famennian) of Donetz Basin [14]. Komarov Botanical Research Institute, St. Petersburg (courtesy S. Snigirevsky)

Рис. 5. Основание *Callixylon trifilievii* (ствол *Archaeopteris*) из позднедевонских (фаменских) отложений Донецкого бассейна [14]. Ботанический научно-исследовательский институт им. Комарова, Санкт-Петербург (предоставлено С. Снигиревским)

In Svalbard, small early Frasnian *Archaeopteris* tree bases have been found *in situ* in small outcrops away from the lycopod stands [4]. In New York, drifted *Archaeopteris* fronds [5] attached to bigger axes are found in association with similarly transported large cladoxylopsid trees [16] at the South Mountain locality of early Frasnian age. It may be that *Archaeopteris* was as capable of growing with cladoxylopsids as aneurophytes were at Gilboa.

Roots with morphologies attributed to *Archaeopteris* are known through much of the Givetian-Famennian terrestrial deposits of New York [6, 12]. However only parts of the rooting systems are known, and detailed plan mapping of large areas remains to be published [13].

Conclusions and Future Directions

The evidence assembled in recent years, centred on Euramerica, suggests that only a small number of the potential associations of plant types that formed forests in the Devonian Era (Figure 1) have yet been discovered. This is not surprising given the exceptionally rare occurrences of fossil forests and palaeosol deposits where root morphologies can be interpreted in terms of taxonomy. The key types of trees that formed forests were the pseudosporochnalean cladoxylopsids, the lycopsids, the archaeopteridaleans and the recumbent woody aneurophytales. Initially cladoxylopsids were the dominant trees, joined by aneurophytales and then *Archaeopteris*. *Archaeopteris* then became the dominant forest tree. Lycopsids seem to have lived in the wettest environments, perhaps with less interactions with the other trees from their beginnings.Further fossil forest types are in course of being described [2]. Naturally, we also need to spread this work to other continents where rich deposits of Mid Devonian to early Late Devonian plants are known, particularly in China where work to date largely concerns the taxonomy of individual plants.

For the fossil forest types so far described in detail, it is clear that they (unsurprisingly) mainly reflect wet, near coastal environments, and the diversity of large plants growing on dryer soils has not yet been explored. With the recognition of different early forest types, it becomes critical to make in depth sedimentological analysis to determine environmental control on forest types, to evaluate palaeogeographic and climate parameters to understand their distribution, and to provide accurate biostratigraphic control to understand their spread. Palynology, as a proxy for vegetation, is a further important line of evidence for the spread of forests (see e. g. Marshall and Tel'nova, this volume).

We can also hope for even more spectacular preservation of fossil forests, perhaps preserved in volcanic ash, where we might determine how other important, but often more fragile, plant groups, such as zosterophylls, herbaceous lycopsids, iridopteridaleans and stenokolealeans, might fit into the presumed understory component of Devonian forests.

Acknowledgements

This contribution has originated from a paper given at the Science Café in Syktyvkar and Saint Petersburg supported by the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and the British Consulate in Ekaterinburg through the of-

fice of Her Majesty's Consul-General, Mr Richard Dewell. I thank Olga Telnova for her kind invitation to participate in the Science Café in the Institute of Geology, Komi Science Center, RAS, Syktyvkar, and Sergey Snigirevsky for hosting us in Saint Petersburg.

References

1. Beck, C. B. Reconstruction of *Archaeopteris*, and further consideration of its phylogenetic position. American Journal of Botany, 1962, 49, pp. 373—382.

2. Berry, C. M. Palaeobotany: the rise of the Earths early forests. Current Biology, 2019, 29, pp. R792—R794.

3. Berry, C. M., Fairon-Demaret, M. The Middle Devonian Flora revisited. Pp. 120—139. In Gensel, P. G., Edwards, D., Editors: Plants Invade the Land. New York: Columbia University Press, 2001, 304 pp.

4. Berry, C. M., Marshall, J. E. A. Lycopsid forests in the early Late Devonian paleoequatorial zone of Svalbard. Geology, 2015, 43, pp. 1043—1046.

5. Carluccio, L. M., Hueber, F. M., Banks, H. P. *Archaeopteris macilenta*, anatomy and morphology of its frond. American Journal of Botany, 1966, 53, pp. 719—730.

6. Driese, S. G., Moira, C. L., Elick, J. M. Morphology and taphonomy of root and stump casts of the earliest trees (Middle to Late Devonian), Pennsylvania and New York, U.S.A. Palaios, 1997, 12, pp. 524—537.

7. Gerrienne, P. Gensel, P. G., Strullu-Derrien, C., Lardeux, H., Steemans, P., Prestianni, C. A simple type of wood in two Early Devonian plants. Science, 2011, 333, p. 837.

8. Ghazoul, J. Forests: a very short introduction. Oxford: Oxford University Press. 2015, 150 pp.

9. Giesen, P., Berry, C. M. Reconstruction and growth of the early tree *Calamophyton* (Pseudosporochnales, Cladoxylopsida) based on exceptionally complete specimens from Lindlar, Germany (Mid-Devonian): organic connection of *Calamophyton* branches and *Duisbergia* trunks. International Journal of Plant Sciences, 2013, 174, pp. 665—686.

10. Hetherington, A. J., Dolan, L. The evolution of lycopsid rooting structures: conservatism and disparity. New Phytologist, 2017, 215, pp. 538—544.

11. Meyer-Berthaud, B., Decombeix, A.-L. L'évolution des premiers arbres: les strategies dévoniennes. Comptes Rendus Palevol, 2009, 8, pp. 155—165.

12. Mintz, J. S., Driese, S. G., White, J. D. Environmental and ecological variability of Middle Devonian (Givetian) forests in Appalachian Basin paleosols, New York, United States. Palaios, 2010, 25, pp. 85—96.

13. Morris, J. L., Leake, J. R., Stein, W. E., Berry, C. M., Marshall, J. E. A. M, Wellman, C. H., Milton, J. A., Hillier, S., Mannolini, F., Quirk, J., Beerling, D. J. Investigating Devonian trees as geo-engineers of past climates: linking palaeosols to palaeobotany and experimental geobiology. Palaeontology, 2015, 58, pp. 787—801.

14. Snigirevskaya, N. S. The root systems of archaeopterids in the Upper Devonian of Donets basin. Jezhegodnik VPO [Ann. Rep. of All-Russian Palaeontological Society], 1984, XXVII, pp. 28—41.

15. Stein, W. E., Berry, C. M., Hernick, L. V., Mannolini, F. Surprisingly complex community discovered in the mid-Devonian fossil forest at Gilboa. Nature, 2012, 483, pp. 78—81.

16. Stein, W. E., Mannolini, F., Hernick, L. V., Landing, E., Berry, C. M. Giant cladoxylopsid trees resolve the enigma of the Earth s earliest forest stumps at Gilboa. Nature, 2007, 446, pp. 904—907.

17. Wang, D., Qin, M., Liu, L., Liu, L., Zhou, Y., Zhang, Y., Huang, P., Xue, J., Zhang, S, Meng, M. The most extensive Devonian fossil forest with small lycopsid trees bearing the earliest stigmarian roots. Current Biology, 2019, 29, pp. 2604—2615.

18. White, D. A remarkable fossil tree trunk from the Middle Devonic of New York. New York State Museum Bulletin, 1907, 107, pp. 326—359.

19. Xu, H.-H., Berry, C. M., Stein, W. E., Wang, Y., Tang, P., Fu, Q. Unique growth strategy in the Earth's first trees revealed in silicified fossil trunks from China. PNAS, 2017, 114, pp. 12009—12014.

20. Xue, J., Deng, Z., Huang, P., Benton, M. J., Cui, Y., Wang, D., Liu, J., Shen, B., Basinger, J. F., Hao, S. Belowground rhizomes in paleosols: the hidden half of an Early Devonian vascular plant. PNAS, 2016, 113, pp. 9451—9456.

УДК 929 (549) DOI: 10.19110/2221-1381-2019-11-25-31

О СОЗДАНИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ И КОМИССИИ ПО КОСМИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ: ИЗ АРХИВА Д. П. ГРИГОРЬЕВА

Ю. Л. Войтеховский
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург
Voytekhovskiy_YuL@pers.spmi.ru

Статья посвящена 110-летию со дня рождения выдающегося минералога XX века профессора Д. П. Григорьева. Публикуются документы из его личного архива, относящиеся к истории создания Международной минералогической ассоциации (1958) и Комиссии по космической минералогии (1962).

Ключевые слова: *Д. П. Григорьев, Международная минералогическая ассоциация, Комиссия по космической минералогии.*

ON THE CREATION OF THE INTERNATIONAL MINERALOGICAL ASSOCIATION AND COMMISSION ON COSMIC MINERALOGY: FROM D. P. GRIGORIEV'S ARKHIVE

Yu. L. Voytekhovsky
Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg

The article is dedicated to the 110th anniversary of the birth of the outstanding mineralogist of the 20th century Professor D. P. Grigoriev. Documents relating to the history of the creation of International Mineralogical Association (1958) and the Commission on Cosmic Mineralogy (1962) are published from his personal archive.

Keywords: *D. P. Grigoriev, International Mineralogical Association, Commission on Cosmic Mineralogy.*

Введение

В 2019 г. исполняется 110 лет со дня рождения выдающегося минералога XX века профессора Д. П. Григорьева (29.10.1909—12.03.2003). Кроме онтогении минералов — методологии, охватившей современные представления о механизмах их индивидуального развития (зарождения, роста, изменения, разрушения), он оставил после себя внушительный архив, хранящийся в Комиссии по истории РМО. Отдельные документы публиковались ранее [1—5]. Далее публикуются ещё два. Первый касается создания Международной минералогической ассоциации в 1958 г. (Мадрид). Д. П. Григорьев принимал участие в учредительном съезде ММА как официальный представитель РМО и был избран её вице-президентом и членом Комиссии по новым минералам. Второй относится к созданию Комиссии по космической минералогии ММА. На конгрессе 1960 г. (Копенгаген) Д. П. Григорьев был избран председателем подготовительного Комитета по метеоритам, на конгрессе 1962 г. (Вашингтон) — председателем Комиссии по космической минералогии (в этой должности неоднократно переизбирался).

Создание Международной минералогической ассоциации

Создание ММА — столь важное событие в жизни мировой минералогической общественности и самого Д. П. Григорьева, вместе с К. А. Власовым принимавшего участие в учредительном съезде, что он посвятил отчёту о нём ряд коротких сообщений [6, 7] и развёрнутых статей [8, 9]. Поэтому мы ограничимся здесь лишь сохранившимися в архиве и ранее не публиковавшимися фотографиями.

Introduction

2019 marks the 110th anniversary of the birth of the outstanding mineralogist of the twentieth century, Professor D. P. Grigoriev (29.10.1909—12.03.2003). Apart from the ontogeny of minerals — a methodology that embraced modern ideas about the mechanisms of their individual development (genesis, growth, change, destruction), he left an impressive archive stored in the Commission on the History of RMS. Some documents were published earlier [1—5]. Then two more are published. The first concerns the creation of the International Mineralogical Association in 1958 (Madrid). D. P. Grigoriev participated in its Founding Congress as an official representative of the RMS and was elected its vice president and member of the Commission for New Minerals. The second relates to the creation of the IMA Commission on Cosmic Mineralogy. At the 1960 Congress (Copenhagen) D. P. Grigoriev was elected Chairman of the Preparatory Committee for Meteorites, and at the 1962 Congress (Washington) — Chairman of the Commission on Cosmic Mineralogy (he was reelected several times in this position).

Establishment of the International Mineralogical Association

The creation of IMA is such an important event in the life of the world of the mineralogical community and D. P. Grigoriev himself, who took part in the Founding Congress together with K. A. Vlasov, that he devoted a number of short messages [6, 7] and detailed articles [8, 9]. Therefore, we publish here only a few archive and previously unpublished photographs.

Создание Комиссии по космической минералогии ММА

В статье [10, с. 120] читаем о VII съезде ММА (27 августа — 2 сентября 1970 г., Токио — Киото): «Научную часть съезда открыл симпозиум "Прогресс космической минералогии". После доклада председателя "Пути развития космической минералогии" в ряде сообщений были изложены новые данные по исследованию лунных образцов в естественном состоянии и после расплавления». Упомянутый председатель — это Д. П. Григорьев, сохранивший в архиве тезисы доклада. Они не публиковались на русском языке, и хотя тематически покрываются статьёй [11], представляют исторический интерес и приводятся ниже.

«После долгих лет категорического отрицания возможности внеземного происхождения камней учёный мир должен был принять во внимание обильный каменный дождь, выпавший в 1803 г. возле L'Aigle во Франции. Составленный об этом доклад профессора Коллеж де Франс Ж. Б. Био (1804) способствовал признанию возможности падения из мирового пространства камней и железных глыб. Ещё ранее такую возможность утверждал берлинский учёный Э. Ф. Хладни (1794). С этого началась история научного исследования внеземных минералов.

Развитие новой области науки пошло по двум направлениям. Одно поставило целью получение сведений о веществе внутри Земли и тем самым — о её происхождении, другое — о внеземном веществе и межпланетном пространстве. Но в течение 150 лет исследователи располагали космическим веществом только в виде метеоритов. Надежду на получение материала, взятого на других планетах, вселил запуск первого искусственного спутника Земли в 1957 г. Важность задачи побудила автора направить на II съезд ММА (Копенгаген, 1960) предложение об организации комиссии по внеземным объектам.

Ю. А. Гагарин открыл эру полётов человека в космос, расширение пределов минералогического знания стало ещё реальнее. В статье «Космическая минералогия — новая ветвь науки» [список литературы не приложен] в 1962 г. рассмотрены особенности этой дисциплины, её соотношение с минералогией Земли. Подчёркивалось, что в метеоритах закодирована информация об условиях и процессах в космосе.

На III съезде ММА (Вашингтон, 1962) учреждена Комиссия по космической минералогии. Её появление активно поддержали в 1963 г. профессор Тюбингенского университета В. Ф. Энгельгардт в ректорской речи «Проблемы космической минералогии» и профессор М. Рамович, опубликовавший в Сараево доклад «Развитие метеоритики, космической минералогии и космовулканологии». На съезде Американского минералогического общества в 1966 г. доктор Б. Мэйсон (Музей естественной истории, Нью-Йорк) целиком посвятил свою президентскую речь «внеземной минералогии». Прошедший 1969 г. ознаменовался тем, что «Аполлон-11» под командованием М. Армстронга доставил на Землю образцы лунного грунта, а «Аполлон-12» существенно пополнил эту коллекцию. Сегодня на VII съезде ММА обсуждается «прогресс космической минералогии», а через два года на XIX сессии Международного геологического конгресса (Монреаль, 1972) снова бу-

Establishment of the IMA Commission on Cosmic Mineralogy

In [10, p. 120] we read about the 7th IMA Congress (August 27 — September 2, 1970, Tokyo — Kyoto): «The scientific part of the congress was opened by the symposium "Progress in Cosmic Mineralogy". After Chairman's report "Ways of Development of Cosmic Mineralogy" a number of reports presented new data on study of lunar samples in the natural state and after melting". The mentioned Chairman — D. P. Grigoriev, who kept theses of the report in the archive. They were not published in Russian, and although thematically covered by [11], they are of historical interest and given below.

"After many years of categorical denying the possibility of extraterrestrial origin of stones, the scientific world had to take into account a heavy stone rain that fell in 1803 near L'Aigle in France. The report of Professor of College de France, J. B. Bio (1804), compiled about this, contributed to the recognition of possibility of stones and iron blocks fall from cosmic space. Earlier, such a possibility was claimed by Berlin scientist E. F. Chladni (1794). Since the history of the scientific study of extraterrestrial minerals began.

The development of a new field of science went in two directions. One set the goal of obtaining information about matter inside the Earth and thereby about its origin, and the other — about extraterrestrial matter and interplanetary space. But for 150 years, researchers had cosmic matter only in the form of meteorites. The hope of receiving material taken from other planets was inspired by the launch of the first artificial Earth satellite in 1957. The importance of the task prompted the author to send to the 2nd IMA Congress (Copenhagen, 1960) a proposal to organize a commission on extraterrestrial objects.

Yu. A. Gagarin opened the era of manned flights into space, the expansion of the limits of mineralogical knowledge became even more real. In the article "Cosmic mineralogy — a new branch of science" [no bibliography attached — Yu. V.] in 1962, the features of this discipline, its relationship with the mineralogy of the Earth, were considered. It was emphasized that meteorites encoded information on conditions and processes in space.

At the 3rd IMA Congress (Washington, 1962), the Commission on Cosmic Mineralogy was established. This establishment was actively supported in 1963 by Professor of the University of Tьbingen V. F. Engelhardt in the rector's speech "Problems of Cosmic Mineralogy" and Professor M. Ramovich, who published in Sarajevo his report "Development of Meteoritics, Cosmic Mineralogy and Cosmovolcanology". At the congress of the American Mineralogical Society in 1966, Dr. B. Mason (Museum of Natural History, New York) entirely devoted his presidential speech to «extraterrestrial mineralogy.» The past 1969 was marked by the fact that Apollo 11, under the command of M. Armstrong, delivered samples of lunar soil to the Earth, and Apollo 12 significantly replenished this collection. "The progress of cosmic mineralogy" is being discussed today at the 7th IMA Congress, and two years afterwards at the 19th session of the International Geological Congress (Montreal, 1972) there will again be a section "Cosmic Mineralogy".

A new branch of science is gaining a worldwide recognition. What features are important to focus on right now? First of all, the study of the mineralogy of meteor-

Участники учредительного съезда ММА. Мадрид, 1958. Д. П. Григорьев и К. А. Власов — во втором ряду в центре
Participants of the Founding Congress of IMA. Madrid, 1958. D. P. Grigoriev and K. A. Vlasov are in the center of the second line

Д. П. Григорьев среди делегатов съезда: на вверхнем фото — слева, на нижнем — второй справа
D. P. Grigoriev among congress delegates, above — on the left, below — second on the right

дет секция "Космическая минералогия"».

Новая отрасль науки получает мировое признание. Какие её особенности важно отметить уже сейчас? Прежде всего, сохраняет значение изучение минералогии метеоритов как документов со сведениями о межпланетном пространстве. По мнению одних, метеориты несут сообщения из пояса астероидов, другие полагают, что в их образовании принимает участие солнечное вещество, собираясь в капли — хондры. Нам следует оценить роль тех и других процессов. Крайне интересна возможность изучить метеориты с Луны, ведь их падение происходило в других условиях, чем на Земле.

Другая особенность — изучение минералов Луны. Это лишь начало познания других планет, на очереди Венера и Марс. Конечно, сначала туда будут направлены роботы. Нельзя опускать возможность получать минералогические сведения путём наблюдения с Земли. Ведь полёты космических аппаратов вполне подтвердили прогноз астрономов о базальтах на Луне (спектральный анализ) и заключение о компактности грунта (радиоастрономия). Относительно Марса можно считать, что на его поверхности распространены железистые минералы. Привлекает внимание задача оценки роли в космосе материала, отлетающего с Луны при ударе метеоритов. При этом осколки получают вторую лунную космическую скорость — 2.7 км/сек.

Третья область современных исследований — оценка роли космического вещества в земных процессах. Не раз выдвигалась гипотеза о метеоритном происхождении железа в докембрийских месторождениях. На Землю регулярно поступает метеоритный материал. Сила удара метеоритов бывает столь велика, что земные минералы дробятся, происходят полиморфные превращения с образованием алмаза, лонсдейлита, коэсита, стишовита и рингвудита. В нескольких метеоритах установлены оливиновые и пироксеновые стёкла. Это интересное добавление к уже известному в метеоритах маскелиниту — плагиоклазовому стеклу. Оказалось, что лунный грунт содержит немало стеклянных частиц. Следует ли считать некристаллические вещества минералами? Я считаю, что следует. Стёкла образовались как физико-химические фазы наравне с минералами. Стёкла и кристаллические твёрдые растворы — химические соединения переменного состава.

До сего дня внеземная минералогия была одним из разделов метеоритики и фигурировала ради вспомогательных сведений, иногда в виде списка минералов с краткими пояснениями. Между тем минералы — специфические объекты и наука о них имеет свои за-

К. А. Власов среди делегатов съезда: на верхнем фото — слева, на нижнем — справа

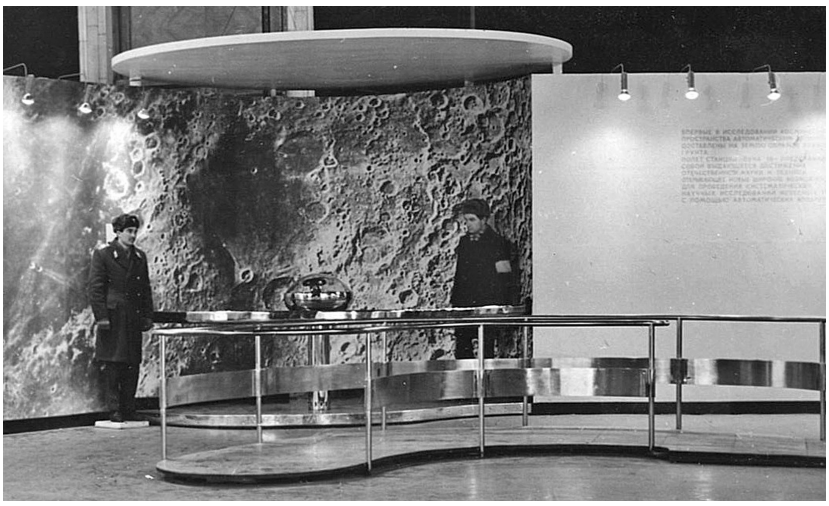
K. A. Vlasov among congress delegates, above — on the left, below — on the right

ites as documents with data about interplanetary space remains relevant. According to some researchers, meteorites carry messages from the asteroid belt, while others believe that solar matter takes part in their formation, gathering in drops — chondras. We should evaluate the role of these and other processes. The opportunity to study meteorites from the Moon is extremely interesting, because their fall occurred in other conditions than on the Earth.

Another feature is the study of the minerals of the Moon. This is only the beginning of the knowledge of other planets, the turn of Venus and Mars. Of course, robots will be sent there first. The opportunity to obtain mineralogical information by observing from the Earth should not be missed. After all, the flights of spacecraft completely confirmed the astronomers forecast for basalts on the Moon (spectral analysis) and the conclusion about the compactness of the soil (Radio Astronomy). Regarding Mars, we can assume that ferruginous minerals are spread on its surface. Attention is drawn to the task of assessing the role in space of material escaping from the Moon after impact of meteorites. In this case, the fragments gain the second lunar cosmic velocity — 2.7 km/s.

The third area of modern research — the assessment of the role of space matter in terrestrial processes. More than once a hypothesis has been put forward about the meteorite origin of iron in Precambrian deposits. Meteorite material regularly arrives on the Earth. The impact power of meteorites is so great that terrestrial minerals are crushed, polymorphic transformations occur with the formation of diamond, lonsdaleite, coesite, stishovite and ringwoodite. Several meteorites have olivine and pyroxene glasses. This is an interesting addition to the maskelinite already known in meteorites —` plagioclase glass. It turned out that the lunar soil contains many glass particles. Should non-crystalline substances be considered minerals? I believe that they should be. Glasses formed as physicochemical phases along with minerals. Glasses and crystalline solid solutions are chemical compounds of variable composition.

To this day, extraterrestrial mineralogy has been one of the sections of meteoritics and has been featured for supporting information, sometimes in the form of a list of minerals with brief explanations. But minerals are specific objects, and the meteorite science sets own tasks. A new task is the development of cosmic mineralogy as a special branch



«Образец лунного грунта, привезенный “Луной-16”. Вес 50 г. Выставка на ВДНХ. Образец можно смотреть через лупу ×7» (подписано Д. П. Григорьевым на обороте). 24 сентября 1970 г. автоматическая станция «Луна-16» доставила на Землю 101 г лунного грунта. 29 ноября 2018 г. он был продан на аукционе Sotheby's в Нью-Йорке за 855 тыс. долл.

Signature of D. P. Grigoriev on the back: Sample of lunar soil brought by «Moon-16». Weight 50 g. Exhibition at VDNKh, Moscow. The sample can be viewed through a magnifier ×7. (On September 24, 1970, the «Moon-16» automatic station delivered 101 g. of lunar soil to the Earth. On November 29, 2018, it was sold at Sotheby's in New York for $ 855,000 — Yu. V.)

дачи. Новая задача — развитие космической минералогии как особой отрасли знания с охватом всех аспектов минералов: химического состава, атомной структуры, морфологии, химических и физических свойств, условий и механизмов образования и применения. Важны определения изотопного состава и абсолютного возраста минералов, исследования ядерных реакций и треков в минералах, дислокаций в кристаллах и шокового метаморфизма. В перспективе нас будут интересовать космические руды.

Закончим краткий обзор путей развития новой дисциплины убеждением — у космической минералогии хорошее будущее».

Рядом с приведенным текстом в архиве Д. П. Григорьева сохранились уникальные фото, сделанные в павильоне «Космос» ВДНХ.

Представляет интерес и ранее не публиковавшийся меморандум № 1 от 22 марта 1963 г. Комиссии по космической минералогии, излагающий процедуру её создания, адресованный членам комиссии от имени председателя Д. П. Григорьева и секретаря Е. П. Хендерсона.

of knowledge, covering all aspects of minerals: chemical composition, atomic structure, morphology, chemical and physical properties, conditions and mechanisms of formation and application. It is important to determine the isotopic composition and absolute age of minerals, study nuclear reactions and tracks in minerals, dislocations in crystals, and shock metamorphism. In the future, we will be interested in space ores.

We conclude our brief review of the development of a new discipline with the conviction — the cosmic mineralogy has a good future”.

Next to the text D. P. Grigoriev’s archive keeps unique pictures taken in the «Cosmos» pavilion of the VDNKh.

The previously unpublished memorandum No. 1 of March 22, 1963 of the Commission on Cosmic Mineralogy is also interesting, which, outlining the procedure for its creation, addressed to members of the commission on behalf of Chairman D. P. Grigoriev and secretary E. P. Henderson.

Меморандум / Memorandum

«The session of the 3rd General Business Meeting of delegates of Member Societies of the IMA which met on April 20, 1962 in Washington, D. C., U. S. A., established the Commission on Cosmic Mineralogy. The Commission was founded in accordance with the proposal of the Liaison Committee on Meteorites of the IMA. The minutes of the session on the organization of the Commission are as follows.

Report of the Liaison Committee on Meteorites of the IMA.

A. Members of Committee. Prof. D. P. Grigoriev, Chairman, Mineralogical Society of USSR; Prof. F. Heide, Deutsche Mimeralogische Gesellschaft; Mr. E. P. Henderson, Mineralogical Society of America; Prof. M. N. Viswanathiah, Mineralogical Society of India.

B. Objects of the Committee. The Committee, according to the decision of IMA Copenhagen Meeting, has the following problem: “Committee will decide, in detail, what should be the objective of an IMA Commission on Meteorites (if one is set up) and to find out what the IGC Commission is doing in the matter. Moreover, if the latter has no objectives substantially the same as those that an IMA Commission on Meteorites should have, it is suggested that the Committee explore ways and means in which the two groups can possibly work together effectively”. (Taken from the letter of Prof. J. Fisher, President of the IMA, December 5, 1960).

C. Contacts with the Commission on Meteorites of the IGC. The Committee carried out the necessary discussions with the Commission of the IGC and became acquainted with the plan of its work. As a result of this discussion the desirabili-

ty of establishing the Commission in the IMA to organize the international work on meteoritic mineralogy was acted upon. The opinion of the Commission of the IGC on this problem is expressed in the letter of Dr. E. L. Krinov, President, dated September 18, 1961: "In addition to the preliminary discussion concerning the problem of establishing the Meteoritic Commission of the IMA, I think it is appropriate to convey the following.

The modern progress of meteoritics, which has shown the great scientific importance of meteorites especially in our time in relation to the study of the Cosmos, now requires that we extend our knowledge of meteorites from all possible points of view. Thus, it is obvious that there is need of international collaboration on this aspect. In 1948, the Permanent Commission of the International Geological Congress was organized and in 1955, the Sub-Commission Mo—22a on Meteorites of the International Astronomical Union. The foundation of these organizations on meteorites ensures the international cooperation in obtaining information on meteorite falls and their fundamental composition. If the existence of the first organization attains its goal, the same cannot be said about the second because of the large scope of the problems about meteoritic composition.

According to the above statements, I consider it very timely to establish the Meteoritic Commission in the IMA. The object of this Commission should be the organization of international cooperation on meteoritic mineralogy and coordination of programs for both Commissions."

D. Recommendations of the Liaison Committee on Meteorites to the IMA Congress, Washington, 1962. The Committee has adopted the recommendation to establish not a Commission of Meteorites but a Commission on Cosmic Mineralogy, which will include wider scope of the meteoritic problems».

Recommendations. 1. **Preamble**. In our science there is need of a new branch in mineralogy, cosmic mineralogy. Up to now, we have only been able to get information about cosmic minerals by means of meteorites. But the time approaches when investigators will have to deal equally with cosmic minerals collected directly on the planets. Considering the founding of this branch of science as an important step for the future and attempting to intensify the study of mineralogy of meteorites, the IMA establishes a commission which will have for its aim the development of international collaboration in cosmic mineralogy.

2. **Name**. The Commission on Cosmic Mineralogy, IMA.

3. **Members**. Members of the Commission shall be specialists in cosmic minerals, meteoritic minerals, or specialists in methods of mineralogical study, who are nominated by a member of the Society of the IMA.

4. **Objects**. Knowledge of cosmic minerals — meteoritic minerals and minerals collected on other planets — their chemical composition including elements and isotopes; crystal and amorphous structures; chemical and physical properties; morphology, genetic history including crystallization processes, chemical reactions of formation and physical-chemical equilibriums; processes of chemical and physical alteration; absolute age of minerals; distribution and possible practical importance of cosmic minerals.

5. **Methods**. The Commission prepares and holds international symposia; organizes exhibitions of cosmic minerals; works out programs of international cooperation and assists in the realization of these programs; propagandizes the achievements of cosmic mineralogy through scientific and popular publications; collaborates with other international organizations studying the cosmos.

Therefore, it recommended the formation of a new Commission of the IMA on Cosmic Mineralogy. The recommendation was put in the form of a motion, which was seconded, and then opened for discussion. Dr. Mason stressed the point of the new commission as being distinct from the already existing Commission of Meteorites of the International Union of Geological Sciences, but having similar goals.

Prof. D. J. Fisher, President, summarized the sentiments of the Council, who agreed, in general, on the need of the Commission. Then he read a letter from E. L. Krinov to Prof. D. P. Grigoriev. E. P. Henderson stressed the name of "Cosmic Mineralogy" and E. Ingerson, the need of a commission.

The President postponed voting on the creation of the commission to the second session of the business meeting, but the officers suggested nominating candidates as Chairman and Secretary of the Commission, to be voted on if such a commission were created. E. P. Henderson proposed Prof. D. P. Grigoriev as Chairman and J. L. Amoros proposed E. P. Henderson as Secretary.

Second Session. The second session of the business meeting of the delegates was held April 20th at 4:00 P. M. at the same place. The President opened the session by calling the roll of delegates, after which business proceeded according to the agenda.

New Commissions. E. P. Henderson read the following recommendation. "I recommend a favorable vote on the motion to establish a Commission on Cosmic Mineralogy in accordance with the report of the Liaison Committee on Meteorites of the IMA, as reported by Prof. D. P. Grigoriev. I also recommend that the IMA instruct Prof. D. P. Grigoriev to explore the possibility of holding an International Symposium on Meteorites within the immediate future. The purpose of this symposium would be to bring together representatives of all the various scientific disciplines interested in research on meteorites".

The recommendation was moved and seconded, and the Commission on Cosmic Mineralogy was established. Then, the previously nominated candidates for the new commission, Prof. D. P. Grigoriev and E. P. Henderson, were automatically elected Chairman and Secretary.

Member-Societies nominate representatives to the Commission (information on March 22, 1963). Bulgaria — Mrs. G. Stanisheva, Canada — Dr. K. R. Dawson, Czechoslovakia — Prof. R. Rost, Denmark — Dr. V. F. Buchwald, Egypt — Prof. H. El-Badry, France — Mrs. E. Jérémine, India — prof. M. N. Viswanathiah, New Zealand — Dr. M. H. Briggs, Sweden — Prof. F. E. Wickman, U. S. A. — Dr. B. H. Mason, U. S. S. R. — Mrs. L. G. Kvasha.

The Chairman and the Secretary asked the members for suggestions concerning the work of the Commission.

Prof. D. P. Grigoriev, Department of Mineralogy, Mining Institute, Leningrad, 26, U. S. S. R.; E. P. Henderson, Secretary, U. S. National Museum, Washington, 25, D. C.»

В качестве заключения автор выражает надежду на то, что опубликованные архивные материалы дополнили и без того многогранный образ профессора Ленинградского горного института (ныне Санкт-Петербургского горного университета) Д. П. Григорьева — педагога, учёного, организатора науки, яркой личности.

Литература

1. Войтеховский Ю. Л. Неопубликованные письма А. Е. Ферсмана, П. Н. Чирвинского и Д. Д. Мордухай-Болтовского из архива Д. П. Григорьева // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 12. С. 42—45.

2. Войтеховский Ю. Л. Письма Н. П. Юшкина в архиве Д. П. Григорьева // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 7. С. 24—27.

3. Войтеховский Ю. Л. Неизвестное письмо А. Г. Бетехтина из архива Д. П. Григорьева // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Тр. XVI Геол. съезда Респ. Коми. Т. 3. Сыктывкар: Геопринт, 2014. С. 343—346.

4. Войтеховский Ю. Л. Неизвестная рукопись из архива Д. П. Григорьева «К вопросу о постановке преподавания минералогии в высшей школе. Беглые замечания П. Н. Чирвинского» // Геология и стратегические полезные ископаемые Кольского региона: Тр. XII Всерос. Ферсмановской научн. сессии. Апатиты: K & M, 2015. С. 13—18.

5. Войтеховский Ю. Л. К 100-летию со дня рождения А. В. Сидоренко: редкие фото из архива Д. П. Григорьева // Фёдоровская сессия: Тр. Всерос. научн. конф. СПб.: Горный ун-т, 2016. С. 179—181.

6. Григорьев Д. П. Об организации Международной минералогической ассоциации // Зап. ВМО. 1958. № 1. С. 127.

7. Григорьев Д. П. Учредительный съезд Международной минералогической ассоциации // Вестник АН СССР. 1958. № 10. С. 84—85.

8. Григорьев Д. П. Отчёт о поездке в Испанию на Учредительный съезд Международной минералогической ассоциации // Зап. ВМО. 1958. № 4. С. 518—525.

9. Григорьев Д. П. Международная минералогическая ассоциация. Заметки участника Учредительного съезда // Природа. 1958. № 11. С. 50—53.

10. Григорьев Д. П., Коржинский Д. С., Поваренных А. С., Рундквист Д. В. Съезд Международной минералогической ассоциации в Японии // Зап. ВМО. 1971. № 1. С. 120—123.

11. Григорьев Д. П. Проблемы космической минералогии // Зап. ВМО. 1972. № 3. С. 264—280.

As a conclusion, the author expresses hope that the published archival materials complemented the image of D. P. Grigoriev — Professor of the Leningrad Mining Institute (now St. Petersburg Mining University), a teacher, scientist, organizer of science, a bright person.

References

1. Voytekhovsky Yu. L. *Neopublikovannyye pis'ma A. Ye. Fersmana, P. N. Chirvinskogo i D. D. Mordukhay-Boltovskogo iz arkhiva D. P. Grigorieva* (Unpublished letters of A. E. Fersman, P. N. Chirvinsky and D. D. Mordukhay-Boltovskoy from the archive of D. P. Grigoriev). Yu. L. Voytekhovsky. Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2013, No. 12, pp. 42—45.

2. Voytekhovsky Yu. L. *Pis'ma N. P. Yushkina v arkhive D. P. Grigorieva* (Letters of N. P. Yushkin in the archive of D. P. Grigoriev). Yu. L. Voytekhovsky. Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2014, No. 7, pp. 24—27.

3. Voytekhovsky Yu. L. *Neizvestnoye pis'mo A. G. Betekhtina iz arkhiva D. P. Grigorieva* (Unknown letter of A. G. Betekhtin from the archive of D. P. Grigoriev). Yu. L. Voytekhovsky. Geology and mineral resources of the European North-East of Russia. Proc. XVI Geol. Congr. of Komi Rep., V. 3, Syktyvkar: Geoprint, 2014, pp. 343—346.

4. Voytekhovsky Yu. L. *Neizvestnaya rukopis' iz arkhiva D. P. Grigorieva «K voprosu o postanovke prepodavaniya mineralogii v vysshey shkole. Beglyye zamechaniya P. N. Chirvinskogo»* (Unknown manuscript from the archive of D. P. Grigoriev "On the issue of staging the teaching of mineralogy in higher education. Cursory remarks by P. N. Chirvinsky"). Yu. L. Voytekhovsky. Geology and strategic minerals of the Kola region. Proc. XII All-Rus. Fersman Sci. Session. Apatity: K & M, 2015, pp. 13—18.

5. Voytekhovsky Yu. L. *K 100-letiyu so dnya rozhdeniya A. V. Sidorenko: redkiye foto iz arkhiva D. P. Grigorieva* (On the centenary of the birth of A. V. Sidorenko: rare photos from the archive of D. P. Grigoriev). Yu. L. Voytekhovsky. Proc. All-Rus. Sci. Conf. "Fedorov Session". St Petersburg: Mining University, 2016, pp. 179—181.

6. Grigoriev D. P. *Ob organizatsii Mezhdunarodnoy mineralogicheskoy assotsiatsii* (About the organization of the International Mineralogical Association). D. P. Grigoriev. Proc. All-Rus. Mineral. Sci., 1958, No. 1, pp. 127.

7. Grigoriev D. P. *Uchreditel'nyy s'yezd Mezhdunarodnoy mineralogicheskoy assotsiatsii* (Founding Congress of the International Mineralogical Association). D. P. Grigoriev. Bulletin of the USSR Academy of Sciences. 1958, No. 10, pp. 84—85.

8. Grigoriev D. P. *Otchot o poyezdke v Ispaniyu na Uchreditel'nyy s'yezd Mezhdunarodnoy mineralogicheskoy assotsiatsii* (Report on a trip to Spain at the Founding Congress of the International Mineralogical Association). D. P. Grigoriev. Proc. All-Rus. Mineral. Sci. 1958, No. 4, pp. 518—525.

9. Grigoriev D. P. *Mezhdunarodnaya mineralogicheskaya assotsiatsiya. Zametki uchastnika Uchreditel'nogo s'yezda* (International Mineralogical Association. Notes of the participant of the Founding Congress). D. P. Grigoriev. Nature (Moscow), 1958, No. 11, pp. 50—53.

10. Grigoriev D. P., Korzhinsky D. S., Povarennykh A. S., Rundkvist D. V. *S'yezd Mezhdunarodnoy mineralogicheskoy assotsiatsii v Yaponii* (Congress of the International Mineralogical Association in Japan). D. P. Grigoriev, D. S. Korzhinsky, A. S. Povarennykh, D. V. Rundkvist. Proc. All-Rus. Mineral. Sci. 1971, No. 1, pp. 120—123.

11. Grigoriev D. P. *Problemy kosmicheskoy mineralogii* (Problems of cosmic mineralogy). D. P. Grigoriev. Proc. All-Rus. Mineral. Sci., 1972, No. 3, pp. 264—280.

ФОРУМ МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

XXVIII научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента»

FORUM OF YOUNG RESEARCHERS

The 28th scientific conference "Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment"

On November 26—28, 2019 the Institute of Geology named after Academician N. P. Yushkin, Komi SC, UB RAS, hosted the 28th scientific conference "Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment". The conference was held with the financial support of the RFBR and the Government of Komi Republic (project No. 19-45-111002). The Syktyvkar branch of the Russian Mineralogical Society provided invaluable support during this event.

С 26 по 28 ноября на базе Института геологии им. академика Н. П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН прошла XXVIII научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента». Это мероприятие проводится ежегодно в течение 28 лет и является востребованной площадкой, где презентуют результаты своих исследований молодые ученые из множества научно-исследовательских, учебных и производственных учреждений различных регионов как нашей страны, так и стран ближнего зарубежья. В этом году конференция проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Республики Коми (проект № 19-45-111002). Неоценимую поддержку при проведении этого мероприятия оказало Сыктывкарское отделение Российского минералогического общества.

Торжественное открытие конференции состоялось 26 ноября. К участникам с приветственными словами обратились академик РАН А. М. Асхабов и врио директора Института геологии к. г.-м. н. И. Н. Бурцев. Они отметили, что ежегодное проведение данной конференции стало традицией, пожелали интересных докладов, плодотворных дискуссий и успехов участникам и гостям.

За три дня работы в конференции приняли участие более 100 молодых ученых, аспирантов и студентов из Апатитов, Екатеринбурга, Новосибирска, Москвы, Санкт-Петербурга, Сыктывкара, Ростова-на-Дону, Владивостока, Томска и Осло (Норвегия). Участники представили 24 научно-исследовательские, учебные и производственные организации России и зарубежья. Более 45 статей опубликованы в сборнике материалов конференции. Были заслушаны 35 пленарных и устных докладов, представлено более 15 стендовых докладов. В сообщениях был освещен широкий круг научных проблем, связанных с четвертичной геологией, изотопной геохронологией, инженерной геологией, литологией и седиментологией, петрографией, стратиграфией, геологией нефти и газа, геохимией, геофизикой, палеонтологией, минералогией и региональной геологией.

Ежегодно в конференции с пленарными лекциями (в качестве элементов научной школы) участвуют как молодые так и более опытные ученые. В этот раз с пленарными докладами по минералогии, геологии, палеонтологии и экономике выступили ведущие специалисты: д. г.-м. н. Т. Г. Шумилова, к. г.-м. н. А. В. Журавлев, к. г.-м. н. О. В. Удоратина (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар) и к. э. н. М. М. Стыров (ИСЭиЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар).

Многие доклады, озвученные на конференции, были посвящены исследованию объектов арктической и субарктической зон Тимано-Североуральского региона и Пай-Хоя. При этом география расположения объектов исследований не была ограничена Тимано-Североуральским сегментом и включала такие локации, как Западная Сибирь, Прибайкалье, полуострова Кольский и Канин.

Лучшие доклады — Н. И. Максименко, И. А. Перовского (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар), К. П. Рязанова (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург), М. С. Королевой (ИХ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар) и О. Ю. Носовой (ГИ КНЦ РАН, Апатиты) — были отмечены дипломами, сертификатами и памятными подарками. Большой интерес вызвал интерактивный доклад, который сделали со-

Награждение И. А. Перовского (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар) дипломом за лучший доклад

Rewarding I. A. Perovsky (Institute of geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar) with a diploma for the best report

Интерактивная часть доклада Р. В. Червякова, Д. К. Перлова, А. Г. Коннова «Использование технологии геологической документации SHERPA на мобильных устройствах при проведении полевых работ» (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург)

The interactive part of the report by R. V. Chervyakov, D. K. Perlov, A. G. Konnov Use of SHERPA geological documentation technology on mobile devices during field works (VSEGEI, St. Petersburg)

трудники ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург) Р. В. Червяков и А. Г. Коннов. Сообщение представляло технологии геологической документации Sherpa для мобильных устройств при проведении полевых работ и состояло из двух частей: презентации и интерактивной части с планшетами в Музее им. А. А. Чернова. Дипломом за пленарный доклад был награжден Г. В. Игнатьев (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар).

В последний день (28 ноября) прошло выездное заседание, на котором состоялось обсуждение наиболее важных и спорных вопросов конференции, была проведена геологическая викторина.

Широкий диапазон направлений исследований и их география, несомненно, способствуют научному росту и повышению профессионального уровня участников конференции, а в перспективе ведут к расширению возможностей междисциплинарного сотрудничества. Важно понимать, что подобные мероприятия проводятся в первую очередь с целью обмена опытом между молодыми учеными, а также вовлечения их в процесс реализации исследований и разработок по приоритетным научным направлениям наук о Земле и смежных научных областей. Единогласно было принято решение о проведении следующей научной конференции «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента» в ноябре-декабре 2020 года.

К. г.-м. н. А. Вихоть,
к. г.-м. н. А. Плотицын
Фото А. Шадрина

Участники утреннего заседания (27 ноября) конференции «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента»

Participants in the morning session (November 27) of the conference “Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment”

У ИСТОКОВ ОТКРЫТИЯ ФЛЮОРИТОВОЙ ПРОВИНЦИИ

(к 90-летию Галины Александровны Марковой)

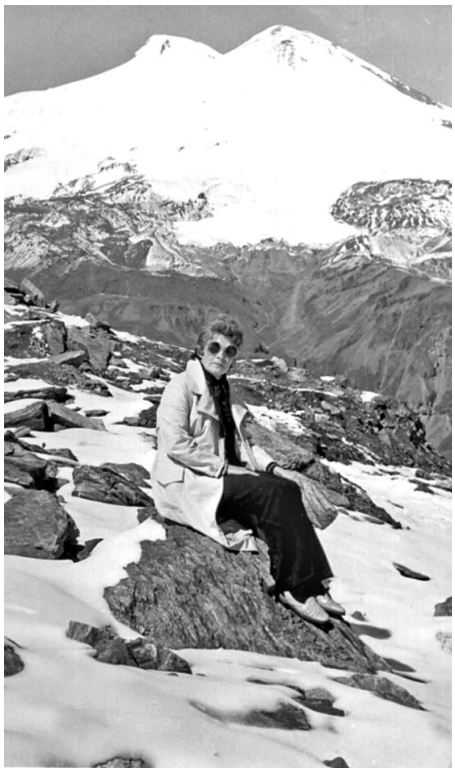
AT THE ORIGINS OF THE FLUORITE PROVINCE DISCOVERY

(on the occasion of Galina Aleksandrovna Markova's 90th Anniversary)

On November 7, 2019, Galina Aleksandrovna Markova, a Winner of the USSR Council of Ministers Prize, veteran of labor and war, who worked at the Institute of Geology Komi SC UB RAS for more than 30 years, marked her 90th Anniversary.

7 ноября 2019 г. отмечает свой 90-летний юбилей Галина Александровна Маркова, ветеран труда и Великой Отечественной войны, проработавшая в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН более 30 лет. Как говорил академик Н. П. Юшкин, она стала «первым в Республике Коми профессиональным физиком, непосредственно решавшим минералогические задачи».

Работы, выполняемые на стыке наук, дают порой неожиданные, интересные результаты, появляются новые подходы к исследованию традиционных объектов. Так, Галина Александровна впервые в Институте геологии внедрила в практику оптическую ИК-спектроскопию, люминесцентные (в том числе рентгенолюминесцентные), радиационные методы. Они явились важнейшей составной частью тематических исследований при оценке оптического сырья хрусталеносных месторождений Приполярного Урала, флюорита Уральско-Новоземельской провинции. Работа Г. А. Марковой всегда была тесно связана с производственными организациями, проводившими разведку и добычу минерального сырья («Северкварцсамоцветы»), промышленными предприятиями, занимавшимися выпуском готовой оптической техники (ЛОМО им. В. И. Ленина, завод «Красный Гигант», предприятия Миноборонпрома) и др.



«Эльбрус предо мною», 1973 г.

«Elbrus in front of me», 1973

В 1982 г. в коллективе авторов (в т. ч. из Института геологии Коми филиала АН СССР: Н. П. Юшкина, А. Ф. Кунца, Ю. Н. Ромашкина) за работу по обеспечению оптической и оборонной промышленности Советского Союза и стран СЭВ монокристаллами фтористого кальция особо высокого качества в результате открытия, изучения и освоения уникальных разностей природного флюорита, разработки новых промышленных технологий и создание на их основе новых типов приборов и технических устройств Галина Александровна стала лауреатом премии Совета министров СССР.

Также были проведены обширные комплексные исследования флюорита болгарских месторождений. Исследования коллектива авторов (авторы: Н. П. Юшкин, А. М. Асхабов, Г. А. Маркова, И. Н. Костов, М. Н. Малеев, Н. Г. Зидаров, Б. П. Зидарова) по теме «Разработка и применение новых прогнозно-поисковых методов на основе открытия эволюционной закономерности минералообразования» были представлены Комиссии по сотрудничеству АН СССР и Болгарской АН. Этот труд в 1988 г. был отмечен Премией АН СССР и АН Болгарии. На основе разработок были получены совместные советско-болгарские авторские свидетельства: «Способ оценки качества природного флюорита» (авторы: Н. П. Юшкин, Г. А. Маркова, Н. В. Волкова, Б. П. Зидарова, М. Н. Малеев), 1985 г.; «Метод контроля однородности природного флюорита» (авторы: Б. П. Зидарова, Н. Г. Зидаров, Г. А. Маркова, Н. П. Юшкин), 1989 г.

Вот лишь некоторые из научных работ, подготовленных при непосредственном участии Г. А. Марковой:

• Юшкин Н. П., Ромашкин Ю. Н., Маркова Г. А. Уральско-Новоземельская флюоритоносная провинция. Л.: Наука, 1982. 220 с.

• Юшкин Н. П., Волкова Н. В., Маркова Г. А. Оптический флюорит. М.: Наука, 1983. 134 с.

• Маркова Г. А. Новые методы оценки плавочного сырья хрусталe-

На Первомайской демонстрации с И. В. Запорожцевой, 1985 г.

At the May Day march with I. V. Zaporozhtseva, 1985

Н. М. Большаков и Н. П. Юшкин поздравляют с 80-летием, 2009 г.

N. M. Bolshakov and N. P. Yushkin congratulate with the 80th Anniversary, 2009

носных месторождений / Коми филиал АН СССР, вып. 4. Сыктывкар, 1975. 49 с. (Научные рекомендации — народному хозяйству).

• Юшкин Н. П., Волкова Н. В., Маркова Г. А. Прогноз качества оптического флюорита / Отв. ред. В. П. Петров. Сыктывкар: Коми научный центр УрО АН СССР, 1988. 20 с. (Научные рекомендации — народному хозяйству).

• Григорьев Д. П., Буканов В. В., Маркова Г. А. Синхронизация процессов кристаллизации по зональности кристаллов // ДАН СССР. 1969. Т. 185. № 5. С. 1129—1133.

• Буканов В. В., Маркова Г. А. К вопросу о дымчатой и цитриновой окраске природного кварца // ДАН СССР. 1969. Т. 187. № 3. С. 645—647.

• Григорьев Д. П., Маркова Г. А. Фотометрическое исследование зонального и секториального строения мусковита // Проблемы кристаллографии: Сб., посвященный 80-летию академика Н. В. Белова. М.: Изд-во МГУ. С. 171—178.

• Григорьев Д. П. Рассуждения о минералогии / Ред.-сост. Г. А. Маркова. Сыктывкар: Геопринт, 1998. 88 с.

Уже после выхода на заслуженный отдых Галина Александровна проводила большую работу по редакционной подготовке научных трудов по заданию академика Н. П. Юшкина.

Галина Александровна очень ценит своих коллег, с которыми работала в прошлые годы. В одной из своих книг она пишет: «Я всегда была и остаюсь благодарной судьбе, что она привела меня в коллектив талантливых, увлечённых своей работой людей, благодарю их за внимание, поддержку, за наши общие успехи и достижения в исследованиях минеральных богатств нашего Коми края. Мне очень дороги слова, сказанные когда-то, ещё в далёком 1984 году, к моему 55-летию и записанные в традиционный альбом нашей лаборатории ГиЭМ. Это и стихи, и шутливые признания, которые я храню с большой сердечной теплотой. Какие чудесные строки написали Валерий Силаев, Алексей Иевлев, Пётр Юхтанов, Борис Остащенко, да и все другие приложили руку к этим шедеврам дружеского внимания».

Особо ценную память Галина Александровна хранит о своих Учителях — профессоре Ленинградского

90-летие в кругу друзей,коллег и родных. Слева направо: А. П. Карманов, Л. Н. Божеско, Л. С. Кочева (дочь), М. В. Гецен, С. К. Кузнецов, Г. А. Маркова, А. М. Асхабов, О. С. Маркова (дочь)

The 90th Anniversary among friends, colleagues and relatives. From left to right: A. P. Karmanov, L. N. Bozhesko, L. S. Kocheva (daughter), M. V. Getsen, S. K. Kuznetsov, G. A. Markova, A. M. Askhabov, O. S. Markova (daughter)

горного института Дмитрии Павловиче Григорьеве, о Николае Павловиче Юшкине, ее непосредственном руководителе по флюоритовой тематике. Поддерживает связь с Валентиной Букановой, Евгенией Бушуевой, Людмилой Вавиловой — дочерью Петра Петровича Вавилова, бывшего председателя Президиума Коми филиала АН СССР, в последующем ректора Тимирязевской сельскохозяйственной академии, президента ВАСХНИЛ, с которым переписывалась многие годы.

В день 90-летнего юбилея Галине Александровне Марковой было очень приятно получить поздравительное письмо с подписью Президента РФ В. В. Путина, пожелания и подарки от администрации г. Сыктывкара, Института геологии Коми НЦ, почетного президента Сыктывкарского лесного института Н. М. Большакова, писателя С. Я. Подольского — главного редактора альманаха «Литературный Кисловодск», где регулярно публикуют ее литературные произведения — рассказы и стихи. Пришли с поздравлениями друзья и коллеги во главе с академиком А. М. Асхабовым. Всем им Галина Александровна передает сердечную благодарность.

Марку Твену принадлежит замечательное высказывание: «Возраст — это то, что существует в наших мыслях. Если о нем не думаете — его нет». Галина Александровна живет именно так, не думая о возрасте и продолжая удивляться и радоваться жизни.

От всей души поздравляем дорогую Галину Александровну со славным юбилеем! Здоровья, здоровья, здоровья и много новых радостей!

Редакция Вестника

СУДЬБА ГЕОЛОГА

(к 100-летию со дня рождения Н. Н. Кузькоковой)

GEOLOGIST'S DESTINY

(on the occasion of N. N. Kuz'kokova's 100th Anniversary)

November 23, 2019 marks Stratigraphy Researcher Nina Nikolaevna Kuz'kokova's 100th Anniversary. Life by Kilometers book, prepared by the staff of the Institute of Geology, including employees of previous years, was published for this event. Vestnik presents the materials of the book in this article.

23 ноября 2019 года исполнилось 100 лет со дня рождения ученого-стратиграфа Нины Николаевны Кузькоковой. К этому событию выпущена книга «Жизнь километрами»*, подготовленная сотрудниками Института геологии. Материалы книги *Вестник* использует в настоящей статье.

Говоря о научной деятельности Нины Николаевны, несомненно, следует помнить о её огромной научно-организационной работе, которую она выполняла на протяжении двадцати лет в качестве учёного секретаря Президиума Коми филиала АН СССР, о том вкладе, который она внесла в становление Коми филиала АН СССР как крупного научного учреждения — форпоста Академии наук СССР на Европейском Северо-Востоке страны. Далеко не каждому удается совмещать научно-организаторскую и большую общественную деятельность с научными исследованиями, требующими проведения экспедиций в отдалённых и нередко труднодоступных районах Уральского Севера.

Нина Николаевна Кузькокова родилась в Сыктывкаре 23 ноября 1919 г. в семье учителей. После окончания школы, легко пройдя довольно большой конкурс, поступила на геолого-разведочное отделение Новочеркасского индустриального института.

М. В. Фишман и Н. Н. Кузькокова, 1940 г.

M. V. Fishman and N. N. Kuz'kokova, 1940

Война не дала вовремя завершить учебу. Только в июне 1946 г., получив отпуск, Н. Н. Кузькокова выехала в Новочеркасск для защиты диплома. 24 февраля 1947 г. ей была присвоена квалификация горного инженера по специальности «геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

Вернувшись в Сыктывкар, Н. Н. Кузькокова поступила на работу в Отдел геологии Базы Академии наук СССР в Коми АССР на должность младшего научного сотрудника. С 1947 по 1950 гг. Нина Николаевна регулярно выезжала в экспедиции. С 1950 г. начала детальное изучение стратиграфии и литологии нижнепермских отложений в бассейне средней Печоры на западном склоне Урала и в Предуральском краевом прогибе.

Во время нескольких экспедиций она детально описала многочисленные разнофациальные разрезы нижней перми, описала керн большого количества буровых скважин. Одновременно составила карты

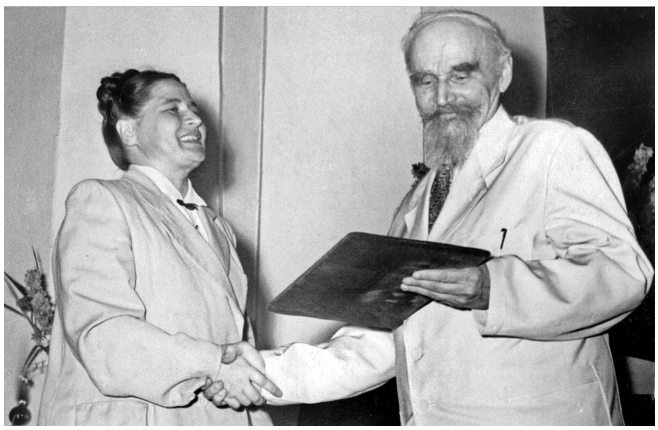
* Н. И. Брянчанинова, А. М. Пыстин, Е. П. Калинин. Жизнь километрами. Сыктывкар, 2019. 118 с. + 56 с. цв. вкл.

Приполярный Урал, р. Подчерем в устье р. М. Емель, 1948 г.

Subpolar Urals, the Podcherem River in the mouth of the Emelya River, 1948.

Слева направо: В. Н. Есев, Б. А. Голдин, А. И. Елисеев и Н. Н. Кузькокова, 1958 г.

From left to right: V. N. Esev, B. A. Goldin, A. I. Eliseev and N. N. Kuz'kokova, 1958



80-летие А. А. Чернова, 1957 г.

A. A. Chernov's 80th Anniversary, 1957

Рабочее совещание. Слева направо: В. А. Витязева, В. А. Сорвачёва, И. В. Забоева, Н. Н. Кузькокова, Л. И. Сурина, 1958 г.

Working meeting. From left to right: V. A. Vityazeva, V. A. Sorvachyova, I. V. Zaboeva, N. N. Kuz'kokova, L. I. Surina, 1958

1970-е гг., г. Сочи / 1970s, Sochi

геологической изученности северо-востока европейской части СССР, а позже — карты полезных ископаемых Коми АССР, впервые опубликованные.

Выполняя большую работу в президиуме, она продолжала научные исследования. В 1971 г. вернулась на работу в Институт геологии. В 1973 г. успешно защитила кандидатскую диссертацию «Нижнепермские отложения правобережья средней Печоры».

По результатам исследований Ниной Николаевной лично и в соавторстве было написано около 90 научных работ, из которых более 60 опубликовано. В их числе монография «Нижнепермские отложения средней Печоры» (1976). Кроме того, Н. Н. Кузькокова участвовала в написании крупной монографии «Геологическое строение и полезные ископаемые Коми АССР» (1953), в подготовке «Атласа Коми АССР» (1964), в который вошла составленная ею карта полезных ископаемых республики, в издании «Атласа литолого-палеогеографических карт северо-востока европейской части СССР» (1972), составив для него четыре карты.

С 1945 г. Нина Николаевна была членом КПСС и несколько лет избиралась кандидатом и членом Сыктывкарского горкома и Коми обкома КПСС. Сам факт избрания в состав высших партийных органов городской и республиканской партийных организаций, в которых она практически представляла науку, являлся признанием высокого авторитета Нины Николаевны как человека и общественного деятеля.

Н. Н. Кузькокова была удостоена почётного звания «Заслуженный деятель науки и культуры Коми АССР», награждена медалями: «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.», «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», «Ветеран труда», получила медаль и несколько дипломов Выставки достижений народного хозяйства СССР, почётные грамоты Президиума Верховного Совета и Совета министров Коми АССР, обкома КПСС и Президиума АН СССР, Сыктывкарского горкома КПСС и горисполкома.

В 1965—1970 гг. она была президентом Малой академии школьников г. Сыктывкара и председателем Координационного совета по работе малых академий Республики Коми, в 1956—1972 гг. — заместителем председателя женсовета республики и председателем женсовета г. Сыктывкара. За работу в Малой академии награждалась грамотами Министерства просвещения РСФСР и ЦК ВЛКСМ.

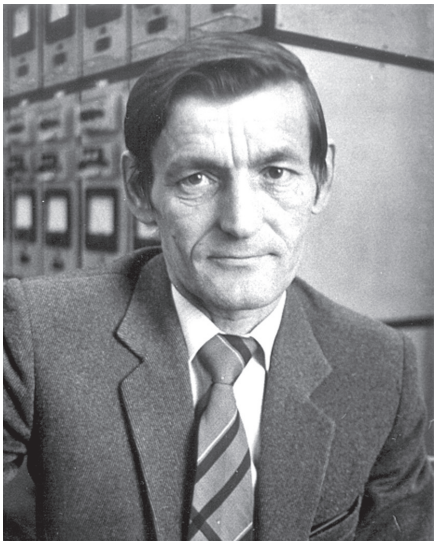
ПАМЯТИ А. Ф. КУНЦА

(к 80-летию со дня рождения)

REMEMBERING A. F. KUNTS

(on the occasion of his 80th Anniversary)

A. F. Kunts was a major specialist in the field of experimental modeling of natural processes of mineral and ore formation. He published more than 100 scientific works, including seven large monographs. He was the author of a number of inventions awarded with medals of the VDNKh and other exhibitions. In 1981, together with a team of authors, he was awarded the USSR Council of Ministers Prize.



4 ноября 2019 года исполнилось бы 80 лет главному научному сотруднику Института геологии Коми НЦ УрО РАН доктору геолого-минералогических наук Анатолию Федоровичу Кунцу. К его 60-летнему юбилею мною был написан очерк «Второе дыхание», который заканчивался словами: «Я уверен, что Анатолий Федорович еще не раз удивит нас своими изящными экспериментами. У него много интересных идей и перспективных задач, а в «“Кунц-камере” еще будут новые открытия». К сожалению, жизнь распорядилась по-другому. Уже больше 10 лет его нет с нами, а «Кунц-камера» в запустении.

Как говорится, время рождает своих героев. А. Ф. Кунц — наглядный пример человека, оказавшегося в нужное время в нужном месте. А это время и место, как и для многих из нас, было связано с Н. П. Юшкиным. Анатолий Федорович был среди первых сотрудников в организованной им и ставшей знаменитой лаборатории генетической и экспериментальной минералогии. Именно за развитие экспериментальных исследований отвечал А. Ф. Кунц. Он очень быстро создал в лаборатории специальный блок для экспериментального моделирования процессов минерало- и рудообразования. Были начаты эксперименты по синтезу кристаллов в гидротермальных условиях. Уже в первые годы им были получены результаты, которые нашли широкое признание у специалистов. До сих пор не потеряли актуальности его эксперименты по растворению и регенерации шаров флюорита. Совершенно неожиданные результаты были получены в экспериментах по растворению протяженных вертикально ориентированных пластинок в гидротермальных условиях, когда было обнаружено явление одновременного растворения верхних участков пластинок при регенерации нижних. Безусловно, следует признать классическим созданный им модельно-тестовый метод изучения гидротермально-метасоматического минералообразования. Этот метод был успешно использован для оценки потенциальной рудоносности. Оказалось, что по степени замещения пород в экспериментах можно прогнозировать перспективы тех или иных горизонтов карбонатных толщ. Интересно, что сделанные А. Ф. Кунцем на основе экспериментов оценки физико-химических условий образования стратиформных месторождений флюорита, барита,

А. Ф. Кунц, 2006 г. / A. F. Kunts, 2006

свинца, цинка в карбонатно-терригенных толщах блестяще подтвердились геологическими данными.

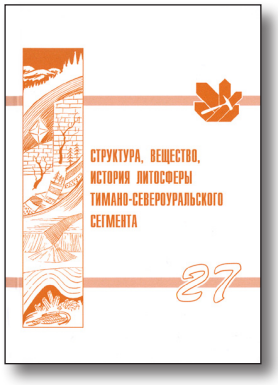
А. Ф. Кунца хорошо помнят не только в Институте геологии и других институтах Коми научного центра. Он активно сотрудничал с коллегами из Института экспериментальной минералогии, геологами из Болгарии, в соавторстве с которыми им написан целый ряд научных работ.

А. Ф. Кунц — автор и соавтор многих выдающихся работ, выполненных в Институте геологии. В частности, он был членом большого коллектива, удостоенного в 1982 г. премии Совета министров СССР за работу по обеспечению оптической и оборонной промышленности Советского Союза и стран СЭВ монокристаллами флюорита особо высокого качества в результате открытия и освоения уникальных разностей Амдерминского месторождения.

Мы помним А. Ф. Кунца как человека интересной судьбы, уникального исследователя, геолога-экспериментатора, оставившего свой заметный след в жизни нашего института.

Академик А. Асхабов

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ / NEW EDITIONS



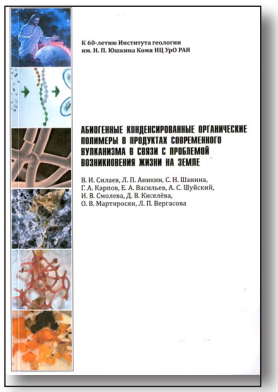
УДК 5±549 (470.1)

Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 27-й научной конференции. Сыктывкар: Геопринт, 2018. 280 с.

В сборнике представлены материалы 27-й научной конференции «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента». Обсуждаются вопросы общей геологии, геологии нефти и газа, стратиграфии, палеонтологии, минералогии, петрологии, технологии минерального сырья, геофизики.

Structure, substance, history of the lithosphere of the Timan-Northern Ural segment: Proceedings of the 27th scientific conference. Syktyvkar: Geoprint, 2018. 280 p.

The collection presents reports from the 27th scientific conference “Structure, substance, history of lithosphere of the Timan-Northern Ural segment”. The issues of general geology, geology of oil and gas, stratigraphy, paleontology, mineralogy, petrology, technology of mineral raw and geophysics are discussed.



УДК 551.217.2:547.16

Абиогенные конденсированные органические полимеры в продуктах современного вулканизма в связи с проблемой возникновения жизни на Земле. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. 128 с.

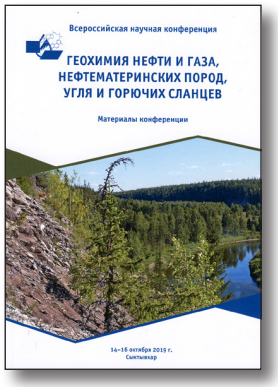
Авторы: В. И. Силаев, Л. П. Аникин, С. Н. Шанина и др.

Приведены результаты комплексных исследований впервые выявленных в продуктах современного вулканизма частиц абиогенных конденсированных органических соединений (органоидов), трактующихся как предбиологические формы, эволюция которых в геологическом прошлом могла привести к возникновению жизни на Земле. Охарактеризованы морфология, окраска, внутреннее строение, термические и спектроскопические свойства, элементный и аминокислотный состав, ассортимент и содержание микроэлементов, изотопный состав углерода и азота. Сделан вывод о том, что аналоги выявленных вулканогенных органоидов могли послужить предпосылками для возникновения жизни на Земле не только в глубокой геологической древности, но и позднее, воспроизводясь едва ли не с каждым вулканическим извержением.

Abiogenic condensed organic polymers in the products of modern volcanism in connection with the problem of the origin of life on the Earth. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2018.128 p.

Authors: V. I. Silaev, L. P. Anikin, S. N. Shanin, et al.

The results of comprehensive studies of particles of abiogenic condensed organic compounds (organoids), first identified in the products of modern volcanism, are presented, which are interpreted as prebiological forms, the evolution of which in the geological past could lead to the emergence of life on the Earth. Morphology, color, internal structure, thermal and spectroscopic properties, elemental and amino acid composition, assortment and content of trace elements, isotopic composition of carbon and nitrogen are characterized. It is concluded that analogues of the identified volcanogenic organoids could serve as prerequisites for the emergence of life on the Earth not only in deep geological antiquity, but also later, reproduced with almost every volcanic eruption.



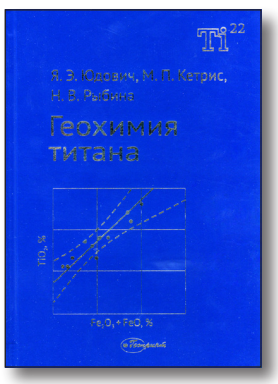
УДК 550.4:552.578.2

Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев: Материалы Всероссийской научной конференции. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2019. 152 с.

В сборнике представлены материалы докладов по широкому спектру вопросов геохимии ископаемого органического вещества. Затрагиваются темы состава, происхождения и преобразования углеводородов-биомаркеров, формирования изотопного состава углерода органического вещества. Обсуждаются вопросы состава исходного органического вещества осадков при формировании нефтематеринских отложений, химизм реакций образования нефтяных углеводородов. Присутствуют материалы, представляющие новые данные о геохимии органического вещества, минеральной составляющей и особенности переработки ископаемых углей.

Geochemistry of oil and gas, oil source rocks, coal and oil shales: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2019.152 p.

The collection presents reports on a wide range of issues in the geochemistry of fossil organic matter. The issues of composition, origin and conversion of hydrocarbon biomarkers, formation of the carbon isotopic composition of organic matter are discussed. The composition of the initial organic matter of sediments during the formation of oil source deposits, the chemistry of the reactions of formation of petroleum hydrocarbons are discussed. The collection presents new data of geochemistry of organic matter, the mineral component, and especially processing of fossil coals.



Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Рыбина Н. В. Геохимия титана. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. 432 с.

ISBN 978-5-98491-074-3

В монографии четыре части: 1) титан в эндогенных образованиях (магматических горных породах, гидротермалитах, метаморфитах и метасоматитах); 2) титан в биосфере (в живом и органическом веществе, в почвах, корах выветривания, водах и осадках); 3) титан в горных породах стратисферы (терригенных и вулканогенных, кремнистых, карбонатных и некоторых других, а также в углеродистых биолитах – углях и черных сланцах); 4) титан как геохимический индикатор. Четвертая часть монографии неоригинальна – в ней реферируются результаты, ранее уже опубликованные в книгах «Основы литохимии» (2000) и «Геохимические индикаторы литогенеза» (2011), но большинство результатов в первых трех частях монографии являются новыми.

На основании статистической обработки около 3470 выборочных средних, отвечающих около 125.000 единичных анализов, оценены кларки титана, титанового модуля (ТМ = TiO_2/Al_2O_3) и нового фосфор-титанового модуля (ФТМ = P_2O_5/TiO_2) для основных групп горных пород, причем для некоторых – впервые.

Выполненная работа позволила сделать ряд выводов, в том числе и таких, которые требуют определенной ревизии прежних оценок.

Yudovich Ya. E., Ketris M. P., Rybina N. V. Geochemistry of Titanium. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2018. 432 pp.

Based on statistical processing of ~3470 sample averages (from ~125,000 analyses), new estimations of World averages (Clarke values) for TiO_2, % (and Ti, %), and titanium module (TM = TiO_2/Al_2O_3) and phosphor-titanium module (FTM = P_2O_5/TiO_2) have been calculated for main rock groups. These include hyperbasites, basites, mesites, acidites and alcaly igneous rocks; hydrothermalites, metamorphites and metasomatites, and some lithologies, such as terrigenous, cherty, carbonates, concretions, phosphates and carbonaceous biolithes – coals and black shales. The calculations allow to perform some new conclusions in Ti-geochemistry.

Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVII Геологического съезда Республики Коми. Т. I–III. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2019.

Сборник содержит доклады XVII Геологического съезда Республики Коми. Приводятся новые результаты исследований по основным проблемам геологии Европейского Северо-Востока России.

В I томе представлены пленарные доклады и информационные материалы. В II томе рассматриваются вопросы стратиграфии, палеонтологии и геохронологии, региональной геологии и тектоники, петрологии и минералогии, а также геохимии, седиментогенеза и эволюции осадочных бассейнов. В III томе рассматриваются вопросы геологии нефти и газа, месторождений горючих, рудных и нерудных полезных ископаемых, гидрогеологии, а также проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов и недропользования, новых геотехнологий и методов. Включены материалы

докладов по истории геологических исследований, природному наследию и геологическому образованию.

Geology and mineral resources of the European North-East of Russia: Proceedings of the 17th Geological Congress of Komi Republic. V. I–III. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2019.

The collection presents reports of the 17th Geological Congress of the Komi Republic. New research results on main problems of geology of the European North-East of Russia are presented. Volume I presents plenary reports and information materials.

Volume II addresses issues of stratigraphy, paleontology and geochronology, regional geology and tectonics, petrology and mineralogy, as well as geochemistry, sedimentogenesis and evolution of sedimentary basins.

Volume III presents issues of the geology of oil and gas, deposits of combustible, ore and non-metallic minerals, hydrogeology, as well as the development of mineral resources and subsoil use, new geotechnologies and methods. Reports on the history of geological exploration, natural heritage, and geological formation are included.

Хроника

4 ноября — 80 лет со дня рождения лауреата премии Совета министров СССР Анатолия Федоровича Кунца (1939—2008), главного научного сотрудника Института геологии Коми НЦ УрО РАН с 1971 по 2008 гг.

7 ноября — 90-летний юбилей лауреата премии Совета министров СССР Галины Александровны Марковой, младшего научного сотрудника Института геологии Коми НЦ УрО РАН с 1959 по 1989 гг.

23 ноября — 100 лет со дня рождения Нины Николаевны Кузькоковой (1919—1999), младшего научного сотрудника Института геологии Коми НЦ УрО РАН с 1947 по 1980 гг.

26—28 ноября в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН состоялась XXVIII научная конференция «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента»

28 ноября — 75 лет со дня рождения лауреата премии Совета министров СССР Ю. Н. Ромашкина (1944—1982), инженера Института геологии Коми НЦ УрО РАН с 1962 по 1982 гг.

28 ноября Геологический музей имени А. А. Чернова посетила делегация ученых из Научного центра провинции Хейлунцян Академии наук КНР и Института природных ресурсов и экологии этого центра (Китай)

Chronicle

November 4 — 80 years since the birth of a winner of the USSR Council of Ministers Prize Anatoly Fedorovich Kunts (1939—2008), Chief Researcher at the Institute of Geology Komi SC UB RAS from 1971 to 2008.

November 7 — Galina Aleksandrovna Markova's 90th Anniversary, a winner of the USSR Council of Ministers Prize, Junior Researcher at the Institute of Geology Komi SC UB RAS from 1959 to 1989.

November 23 — the 100th Anniversary of the birth of Nina Nikolaevna Kuz'kokova (1919—1999), Junior Researcher at the Institute of Geology Komi SC UB RAS from 1947 to 1980.

On November 26—28, the 28th scientific conference "Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment" was held at the Institute of Geology Komi SC UB RAS.

November 28 — 75 year since the birth of a winner of the USSR Council of Ministers Prize Yu. N. Romashkin (1944—1982), an engineer at the Institute of Geology Komi SC UB RAS from 1962 to 1982.

On November 28, Chernov Geological Museum was visited by a delegation of scientists from the Heilongjiang Science center of the PRC Academy of Sciences and Institute of Natural Resources and Ecology (China).

Ответственный за выпуск:	*Редакторы издательства:*	*Компьютерная верстка:*
А. Н. Вихоть	О. В. Габова, К. В. Ордин	А. Ю. Перетягин

Свид. о рег. средства массовой информации ПИ № ФС77-75435 от 19.04.2019, выданное Роскомнадзором. Отпечатано: 20.12.2019. Формат бумаги 60 × 84 1/8. Печать RISO. Усл. п. л. 5.0. Тираж 140. Заказ 1122. Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). *Редакция, издательство, типография:* издательско-информационный отдел Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). *Адрес:* 167982, Республика Коми, Сыктывкар, Первомайская, 54. *Тел .:* (8212) 24-51-60. *Эл. почта:* vestnik@geo.komisc.ru

На обложке использованы фото Н. Ковальчук, Е. Кушмановой, Ю. Голубевой, Ю. Глухова.